



Eficiencia del sector español en el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4	3.3.1 Liderazgo del Ministerio	40
1.1 Planteamiento	5	3.3.2 Implicación del Administrador Público (Adif)	41
1.2 La experiencia española en clave de futuro	9	3.3.3 Financiación europea	48
2. EL COSTE DE DESARROLLO DE LA ALTA VELOCIDAD ESPAÑOLA	12	3.4 Capacidad del sector empresarial	50
2.1 El coste global de la alta velocidad	15	3.4.1 Ingeniería española	51
2.1.1 Coste de construcción	15	3.4.2 Empresas constructoras y de ingeniería españolas	53
2.1.2 Coste de mantenimiento y ciclo de vida	18	3.5 Incorporación y desarrollo de tecnología y experiencia de aprendizaje propias	58
2.2 Variabilidad del coste	20	3.5.1 Los inicios de la alta velocidad en España: Madrid - Sevilla	59
2.3 Sobrecostes y tiempos de construcción	25	3.5.2 Desarrollo de tecnología propia gracias a la extensión de la red	60
2.4 Esfuerzo fiscal	26	3.5.3 Desarrollo tecnológico en la última década	66
3. POSIBLES CAUSAS DE LA EFICIENCIA DEMOSTRADA EN EL DESARROLLO DE LA ALTA VELOCIDAD	28	4. CONCLUSIONES	72
3.1 Factores económicos directos	31	BASE DE DATOS Y BIBLIOGRAFÍA	76
3.2 Consenso social y político	36	CRÉDITOS	77
3.3 Impulso del sector público	39	NOTAS	78

01

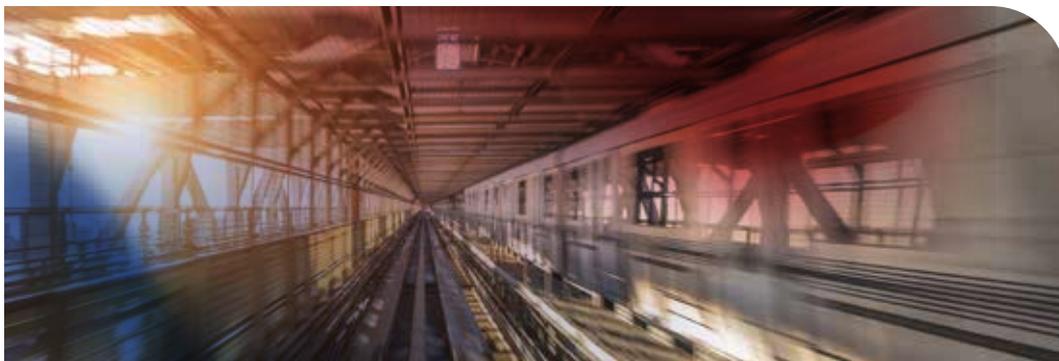
INTRODUCCIÓN

1.1

Planteamiento

La alta velocidad experimenta un claro renacer en el mundo. La UIC (Union Internationale des Chemins Fer) - principal organización internacional de ferrocarriles - constataba este mismo año 2023, en su congreso mundial sobre alta velocidad que se “están estudiando el desarrollo y la implementación de líneas de alta velocidad en todas las regiones del mundo, y que ya se observa un aumento muy pronunciado en la longitud de la red en los países asiáticos”.¹





Por su parte, la *Estrategia europea de movilidad sostenible e inteligente*, publicada en 2020, otorga a la alta velocidad un papel fundamental en la movilidad interurbana y regional a medio plazo, así como para alcanzar la neutralidad climática de la movilidad en 2050. Incluso pronostica (y se propone) que en 2030 se duplicará el tráfico de alta velocidad y para 2050 se triplicará respecto al nivel actual.²

En esa misma línea se sitúa el sector. **Los principales administradores de red y operadores ferroviarios, tanto públicos**

como privados, tanto históricos como nuevos entrantes, parecen creerse realmente este papel de futuro de la alta velocidad y anuncian inversiones y operaciones de expansión dentro y fuera de sus fronteras, Renfe entre ellos³. Según un informe de Allied Market Research⁴, el mercado mundial de alta velocidad se valoró en 42.500 millones de dólares en 2021 y se espera que alcance alrededor de 77.600 millones de dólares en 2031.

Ineco, como ingeniería ferroviaria de referencia en alta velocidad, experimenta en primera

persona este renacido interés viendo cómo se incrementan las consultas y la actividad en países de todo el mundo: Polonia, Países Bálticos, Estados Unidos, Colombia, Chile, India, Filipinas, Vietnam, etc.

Este “revivir” de la alta velocidad no es sólo crecimiento, implica también un cambio de modelo que pasaría de sumar proyectos independientes en un reducido número de países pioneros, a integrar redes con vocación de ser la columna vertebral de la movilidad interurbana sostenible en cada vez más regiones del planeta.

Esta visión optimista debe someterse, no obstante, a **un análisis cauteloso porque en la alta velocidad ya ha habido episodios de entusiasmo anteriores** con proyectos emblemáticos que luego no se han materializado por su elevado coste, como el Tren de alta velocidad de Brasil (Rio de Janeiro – Sao Paulo – Campinas) o la Conexión internacional Kuala Lumpur – Singapur, por citar algunos en los que Ineco ha tenido alguna participación.



Además, **desde casi sus inicios, la alta velocidad ha enfrentado numerosos cuestionamientos desde ámbitos académicos, ambientales y políticos.**

Entre los informes críticos destaca por su impacto el de 2018 del Tribunal de Cuentas Europeo⁵, donde se analizan 14 líneas europeas de alta velocidad entre ellas 7 españolas. El informe no cuestiona las virtudes del modo en sí mismo, que califica como “cómodo, seguro, flexible y medioambientalmente sostenible”, pero sí plantea cuestiones de diseño, gobernanza y, sobre todo, de coste: “Está en juego la rentabilidad, (...) ya que el coste por minuto ahorrado es muy elevado”.

En España la alta velocidad ha gozado de un mayor el consenso social y político. Pero también ha habido opiniones críticas como la de la Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Fedea⁶, o del Tribunal de Cuentas Español sobre las Sociedades de Integración Ferroviaria de Adif Alta Velocidad⁷. Estos informes identifican que, pese al éxito global de la



experiencia española, ha habido y hay aspectos de mejora.

El actual auge de la alta velocidad en el mundo parece mucho más sustentado en la lógica de la movilidad que en anteriores ocasiones. La propia evolución tecnológica de la alta velocidad, la mejora de sus prestaciones, el desarrollo económico de Asia y otros países emergentes, y una mayor conciencia ambiental refuerzan el caso de la alta velocidad en este momento.

Pero para que los buenos vaticinios de la alta velocidad resulten en realidades, es necesario abordar sus cuestiones críticas, entre ellas, de forma destacada, la magnitud y los desvíos de

los costes de construcción y mantenimiento, es decir, la eficiencia en la producción de la alta velocidad con un enfoque de ciclo de vida. Este es, probablemente, el principal desafío para la expansión de este modo de transporte, como pone de manifiesto, por ejemplo, el enésimo replanteamiento de la alta velocidad Británica (HS2) por sus sobrecostes⁸.

Este informe analiza la eficiencia de la producción española de infraestructura ferroviaria de alta velocidad. La producción no es el único parámetro implicado en la alta velocidad, desde luego: también están cuestiones como la explotación, la gestión, los impactos económicos, territoriales, sociales y medioambientales...

Son aspectos clave que han sido abordados y requieren un tratamiento específico. Sin dejar de tenerlos en cuenta, este informe se centra en los costes de producción que quizás ha sido menos analizado en el pasado, y que determinará, en gran medida, el destino del actual revivir de la alta velocidad en el mundo y la participación española en esta expansión.

Partiendo de los estudios previos, de los datos y de la propia experiencia y capacidad de análisis de Ineco en España y en el mundo, se concluye que **el sector español puede realizar grandes aportaciones a la alta velocidad en el mundo y enfrentar el futuro con una dosis realista de optimismo.**



1.2

La experiencia española, en clave de futuro

Desde esta perspectiva es importante revisar la experiencia ferroviaria española y, específicamente, la de alta velocidad con una cierta visión prospectiva.

El ferrocarril español ha venido ocupando posiciones modestas en los contextos mundial e incluso europeo. En su historia no había desempeñado un papel de liderazgo hasta el desarrollo de la Alta Velocidad Española siglo y medio después de sus inicios. Aún en 1980 se circulaba en España en tren a una media de 65km/h. ¿Qué ha pasado desde entonces?



En primer lugar, **la sociedad y las autoridades acordaron dar un gran impulso al ferrocarril y crear un marco político e institucional** que, con las necesarias adaptaciones en el tiempo, sigue vigente hasta ahora con amplio consenso y vocación de largo plazo.

En segundo lugar, y vinculado al primer factor, **el sector nacional: profesionales, instituciones, empresas e ingenierías españolas estaban preparados y listos para aprovechar este impulso inicial**, de forma que el tanto el sector público como el privado apostaron por dejar de importar tecnologías e ir desarrollando estrategias y productos propios, y posicionándose nacional e internacionalmente.

Y, en tercer lugar, se ha propiciado el desarrollo de un **modelo institucional y tecnológico propio**, con particularidades inherentes a la configuración demográfica, orográfica y técnica de España, fundamentalmente a la diferencia de ancho y, por tanto, a la decisión de utilizar el ahora denominado ancho estándar para conectar nuestra red con el resto de la Red Trans Europea.

En estos 30 años, desde la aparición de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, **el sector ferroviario español, en todos sus ámbitos, público y privado - ingeniería, construcción, suministros y logística- , se ha convertido en un referente mundial.**

Para esto han confluído, por un lado, una importante apuesta conjunta del sector público, la sociedad y la Administración, con una elevada inversión y una clara priorización del ferrocarril hasta hoy en día como elemento clave para la sostenibilidad y transición energética; y, por otro, las empresas e ingenierías españolas, que han aportado *know-how*, especialización,



tecnología, innovación y, fundamentalmente, valor en toda la cadena o ciclo de vida de la infraestructura.

Este consenso se basa, fundamentalmente, en el reconocimiento tecnológico y la alta especialización de todos los integrantes del sector, respaldado desde el primer equipo de gobierno, que inició este compromiso de país, hasta el actual, que ha posicionado al ferrocarril en el centro de la inversión en infraestructuras de transporte dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

El elemento clave que sustenta esta idea es, sin duda, la aportación de valor de manera integral y completa en todas las fases y áreas de una línea ferroviaria, desde la planificación y financiación hasta la última de puesta en servicio. **La industria española es perfectamente capaz de desarrollar, por tanto, un proyecto "llave en mano" o de abordar la más específica y concreta tarea técnica**, todo ello a través de una elevada cualificación profesional y con las más avanzadas tecnologías en todos los campos.



Todo lo anterior ha permitido contar a día de hoy día con la segunda red de alta velocidad del mundo, todavía con un elevado potencial en cuanto a intermodalidad y capacidad, siendo líderes, además, en la consecución de los requisitos básicos del ferrocarril, como la seguridad, la excelencia en el servicio, la adaptación a la

tan deseada interoperabilidad y, fundamentalmente, la especialización.

En resumen, utilizando un símil ferroviario, en los últimos 30 años España ha pasado de furgón de cola a locomotora. **Probablemente en ningún otro sector de la economía española se haya producido una transformación tan radical.**

02

EL COSTE DE DESARROLLO DE LA ALTA VELOCIDAD ESPAÑOLA

El gran coste que conlleva la construcción de la alta velocidad es el principal desafío para su expansión en un momento en el que se aprecia una renovada ola de desarrollo de esta modalidad de transporte en el mundo. En este sentido, España tiene mucho que aportar.

Como se verá a continuación, el país ha desarrollado la segunda red de alta velocidad del mundo con **uno de los costes de construcción por kilómetro más bajos; el más bajo entre los países comparables.**



Y lo ha hecho aplicando **parámetros de diseño muy exigentes** (velocidad máxima de 350 km/h, plataformas de vía doble y nueva creación), limitado por una **orografía complicada** (lo que implica grandes obras singulares) y una red existente de distinto ancho, y siendo, en muchos casos, **pionero** en la implantación de soluciones constructivas (grandes túneles) y tecnológicas (ERTMS). Esto implicó en un primer momento una desventaja inicial (coste del pionero) pero, a la larga, ha permitido aprovechar la curva de aprendizaje y capitalizar la dilatada experiencia en el desarrollo eficiente de la alta velocidad.

Asimismo, España ha construido relativamente **rápido y bien**. Los tiempos de construcción de las líneas españolas son menores a la media europea. Los sobrecostes también son comparativamente bajos y sin grandes desviaciones en ninguna línea, al contrario de lo que suele ocurrir en otros países. Y la calidad, como se verá, también se encuentra entre las más altas del mundo.

Por último, cabe remarcar que esta construcción relativamente económica se ha conseguido **sin**

detrimento de su mantenimiento durante la fase de operación, a pesar de la opción estratégica de España por el balasto. El coste de conservación de la alta velocidad en España se ha reducido hasta niveles inferiores a la media europea, lo que, unido a un coste de construcción también menor, implica que **el coste global de la infraestructura a lo largo de su ciclo de vida puede considerarse indudablemente bajo en términos comparativos**.

Se ha realizado una explotación de la base de datos de Transit Costs Project⁹, que constituye la base de datos pública más completa y homogénea de costes de construcción de alta velocidad ferroviaria. Adicionalmente, se han revisado los principales estudios sobre los costes de la alta velocidad publicados en los últimos años por distintos organismos técnicos, administrativos y académicos, y que dan soporte a lo expuesto anteriormente. Pese a que estas fuentes utilizan metodologías distintas y no son completamente homogéneas - lo que dificulta su comparación directa-, sí cabe extraer de las mismas conclusiones robustas cuando se interpretan de forma sistemática.



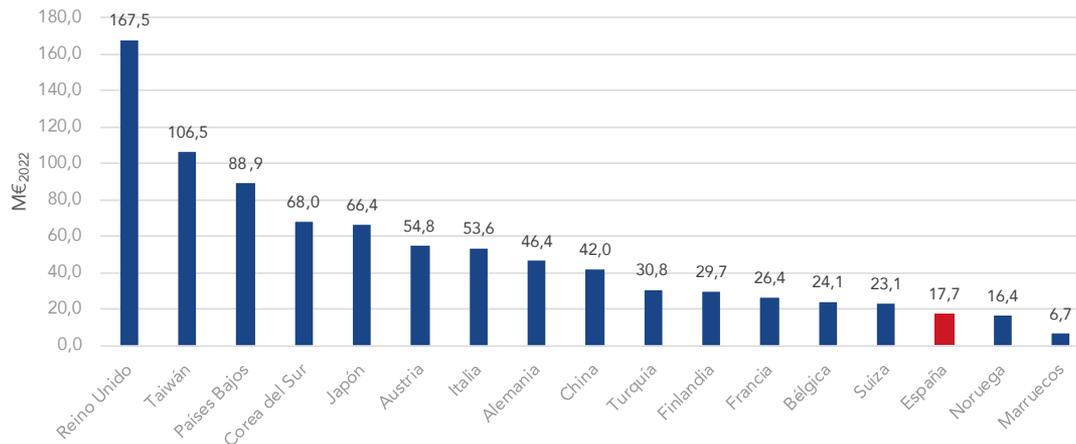
El coste global de la alta velocidad española

2.1.1 COSTE DE CONSTRUCCIÓN

Los valores de la base de datos de Transit Costs se han transformado a euros de 2022 para permitir la comparación entre proyectos con diferentes divisas y horizontes temporales¹⁰.

Del análisis de esta base de datos se desprende que **el coste medio de España se encuentra entre los más bajos de los países que cuentan con alta velocidad, con 17,7 M€₂₀₂₂** (considerando el promedio ponderado por km), mientras que el del resto de países ascendería a 45,5, más del doble.

Coste por kilómetro (ponderado) por país



Elaboración propia a partir de Transit Costs Project

Solo quedan por debajo de España los únicos proyectos de alta velocidad de Noruega (de los años 90 y con velocidad de diseño de 210 km/h) y Marruecos (probablemente por el menor coste de la mano de obra y otros costes) que, en ningún caso, son comparables al conjunto de la red española. Si solo se consideran los estados de la UE, **España tendría, definitivamente, el coste más bajo**. Los únicos países realmente comparables con España son Francia y Bélgica, que además utilizan el mismo procedimiento constructivo de vía sobre balasto.

La base de datos Transit Costs recoge como costes por kilómetro de las líneas españolas los publicados por la AIReF (2020) en su informe Evaluación del gasto público 2019. Estudio Infraestructuras de Transporte. No obstante, no

traslada el dato de todas las líneas, de forma que, **si se toma el promedio ponderado del coste unitario de todas las líneas recogidas por la AIReF, este sería de 15,3 M€** (euros de 2018).¹¹

Por otro lado, **el Tribunal de Cuentas Europeo (2018) en su informe especial sobre la red europea de alta velocidad**, recoge el coste por kilómetro de 10 corredores europeos con un promedio (ponderado) de 23,8 millones de euros. De nuevo, **España vuelve a ser el país con la ratio más baja (15,0 M€), por debajo de Francia (17,1) y, especialmente, de Alemania (29,8) e Italia (34,3)**, que suelen emplear vía en placa en alta velocidad. **Además, de las 10 líneas analizadas, las cuatro españolas son las que menor coste tienen.**¹²

Existe más literatura que intenta establecer costes de referencia para la construcción de líneas de alta velocidad. Por ejemplo, la UNECE (2021) estima el coste medio de construcción entre 15 y 30 millones €₂₀₁₇ para terrenos llanos y montañosos, respectivamente¹³. La Comisión Europea (2018), en su informe de evaluación de los costes unitarios de los proyectos ferroviarios, establece el coste promedio por kilómetro de las líneas de nueva construcción en 14,1 M€, con un rango intercuantílico de 11,8-16,4 M€¹⁴. Por su parte, la UIC (2015) recoge como coste de estas nuevas líneas de alta velocidad el rango comprendido entre los 15 y 40 M€¹⁵. La Fundación BBVA (2012) proyecta un coste medio por kilómetro entre los 6 y 45 millones (euros de 2005), con un valor promedio situado en torno a los 17,5 millones de euros¹⁶. PwC (2016), 35,8 M€ para el conjunto de Europa (euros de 2011)¹⁷, y el Cour des Comptes (2014), entre 9,3 y 17,5 M€ para la alta velocidad francesa (euros de 2003), muy similar a la española¹⁸. Todos estos estudios utilizan metodologías y fuentes muy variadas, pero siguen apuntando en la misma dirección: España tiene un coste unitario inferior al resto de países.





El resumen de estas fuentes se recoge en la siguiente tabla, junto con el coste medio por kilómetro de España obtenido de la base de datos de Transit Costs. Este último dato se ofrece en euros de 2022, mientras que el resto de las fuentes se muestran en términos reales de otros años, por lo que la comparación no es directa. Del mismo modo, no todas las fuentes incluyen los costes de estaciones o de adquisición del terreno, mientras que otras añaden costes no directamente ligados a la construcción, como el de planificación. No obstante, se observa cómo, a pesar de la diferencia de años, el promedio español se sitúa generalmente en línea o por debajo de las referencias estudiadas.

Costes unitarios recogidos en fuentes públicas, y comparación con el promedio español

Fuente	Año valores monetarios	Ámbito	Coste/km (M€)
AIReF (2020)	2018	España	15,3
UNECE (2021)	2017	Europa	15-30
Tribunal de Cuentas Europeo (2018)	*	Europa	13,7-49,7
Comisión Europea (2018)	2018	Europa	11,8-16,4 (1)
PWC (2016)	2011	Europa	35,8 (2)
Cour des Comptes (Francia) (2014)	2003	Francia	9,3-17,5 (3)
UIC (2015)	2015	Europa	15-40
BBVA (2012)	2005	Europa	6-45 (4)
Orden FOM/3317/2010 (2010)	2010	España	4,6-19,3 (5)
Transit Costs Project (6)	2022	Mundo	45,5
Promedio España (Transit Costs)	2022		17,7

En cursiva son recomendaciones, no datos empíricos. * El informe recoge los datos en términos nominales. (1) Rango intercuantílico (no incluye valores superiores e inferiores al tercer y primer cuartil de la distribución, respectivamente). No incluye el coste del suelo (2) Incluye planificación. (3) Ver nota a pie de página 18. (4) No incluye el coste del suelo. (5) No incluye el coste del suelo, pero sí el de estudios y proyectos. (6) Datos actualizados a 2022 con la metodología expuesta anteriormente.

2.1.2 COSTE DE MANTENIMIENTO Y CICLO DE VIDA

El de construcción no es el único coste a tener en cuenta si se quiere analizar la eficiencia desde la perspectiva integral del ciclo de vida de la infraestructura. En este sentido, los **costes de mantenimiento y explotación** durante toda la fase operativa forman una parte importante del coste global de la alta velocidad.



En España, el **coste medio de mantenimiento está en línea o por debajo de la media europea**. En su informe de gestión del año 2022¹⁹, Adif AV recoge un gasto anual en mantenimiento de la red de alta velocidad de 92,8 miles de euros/km que, junto a un gasto de explotación de 7,9, hacen un total de 100,7 miles de euros/km de coste medio de operación. Es necesario mencionar que este coste desciende a 58,5 miles de euros/km en la red convencional²⁰ y que, por tanto, el promedio ponderado por los kilómetros de cada tipo de red sería de 68,4 miles de euros.

Para poder comparar este coste con el resto de los países, es necesario recurrir al informe anual de PRIME (Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe)²¹, única fuente que permite una comparación homogénea. Este informe, que analiza el conjunto de la red de Adif, muestra cómo **España se encuentra por debajo de la media europea en gastos de operación de la infraestructura**²² (no se consideran en este estudio la operación de los servicios).

Si se tiene en cuenta que España tiene una mayor proporción de red de alta velocidad (más cara de mantener que la convencional), podría afirmarse que su coste de mantenimiento debe ser necesariamente también más bajo que la media europea, a no ser que hubiera alguna diferencia muy significativa en la conservación de la red convencional entre España y los demás países, lo cual no parece darse. A modo de ejemplo, España tiene, con un 25 y un 6% de la red diseñada para más de 250 y 200-250 km/h, respectivamente, un coste de operación similar a la red francesa gestionada por SNCF, con sólo un 9% de la red a más de 250 km/h, y a la red alemana, con un porcentaje incluso inferior según el informe PRIME de 2021.

También cabe destacar que este **coste de mantenimiento se ha ido reduciendo** paulatinamente a lo largo del tiempo. En particular, durante la última década puede constatar que se ha reducido en términos reales, pues se mantiene aproximadamente en el orden de los 100 mil €/km corrientes anuales desde entonces, a pesar de unos estándares cada



vez más exigentes y de la devaluación de la moneda. Esto se debe a diversas causas, incluyendo las necesarias eficiencias generadas por la experiencia y las economías de escala al irse extendiendo la red.

A pesar de todo, **el gasto en mantenimiento supone una pequeña parte del coste global**. El gasto medio en 2022 fue de 92,8 miles de euros/km que, frente a un coste promedio histórico de construcción, en términos actualizados,

de 17,7 M€₂₀₂₂/km, supone aproximadamente el 0,5% anual del coste de la inversión. Aun considerando una vida útil más allá de los 40 años, el coste de mantenimiento seguiría siendo menos de la cuarta parte del coste global de una línea de alta velocidad. De esta forma, la magnitud del coste de mantenimiento, aun por elevado que fuera, quedaría lejos de anular la ventaja sustancial en el coste de construcción que tiene España.

Por último, cabe mencionar que los niveles relativamente contenidos de costes de mantenimiento respecto a la media europea, se han logrado a pesar del empleo generalizado en España de la vía sobre balasto, que, en general, se consideran más cara de mantener que la vía en placa. Dado el relativo poco peso del mantenimiento en comparación con la construcción, cabe afirmar que la **opción estratégica española por el balasto** no ha aumentado el coste global de la alta velocidad si no que, más bien, **ha contribuido a mantenerlo bajo**.

Como conclusión respecto a los costes operativos de la infraestructura puede resaltarse una idea:

España tiene un coste de explotación y mantenimiento por kilómetro en línea igual o inferior a la media europea, y, en todo caso, tiene un valor relativamente pequeño con respecto a la inversión inicial. Por tanto, **el coste global de la red española de alta velocidad resulta innegablemente bajo**.

2.2

Variabilidad del coste

El coste agregado medio podría ocultar la **gran variabilidad** en proyectos de este tipo, cuyo coste unitario depende de múltiples parámetros y requerimientos.

En la siguiente tabla se muestran los costes por kilómetro de cada país analizado recogido en la base de datos de Transit Costs, junto con la dispersión (medida a través de la desviación típica entre el promedio), los máximos y mínimos, así como el porcentaje de líneas diseñadas para más de 300 km/h y el porcentaje de kilómetros del conjunto de las líneas analizadas que representan los túneles y viaductos.

Caracterización de las líneas de alta velocidad analizadas

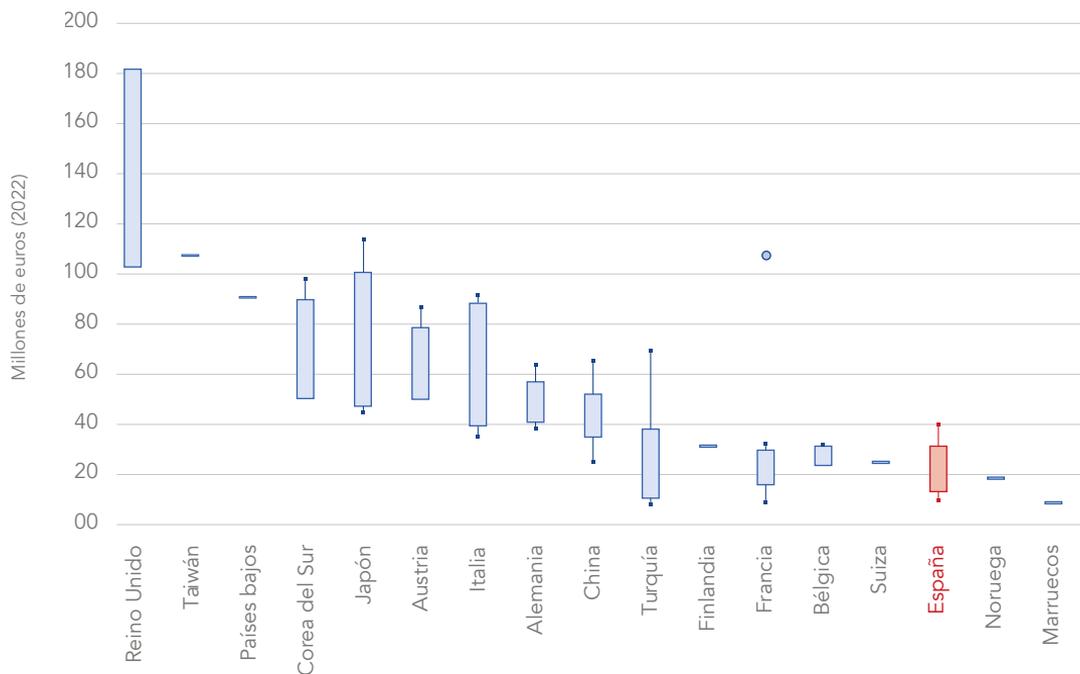
País	Nº proyectos analizados	Extensión media de los proyectos analizados	Cost/km (M€2022)	Ratio desv./prom. (ponderado)	Máximo	Mínimo	% igual o mayor a 300 km/h	% obras singulares
Reino Unido	2	320	167,5	13%	181,1	101,6	100%	16%
Taiwán	1	349	106,5	-	106,5	106,5	100%	90%
Países Bajos	1	100	88,9	-	88,9	88,9	100%	20%
Corea del Sur	4	149	68,0	33%	97,6	48,6	100%	52%
Japón	4	131	66,4	31%	113,1	44,4	25%	94%
Austria	2	84	54,8	18%	77,2	48,4	0%	45%
Italia	6	127	53,6	39%	90,4	33,5	83%	29%
Alemania	6	162	46,4	16%	61,8	37,2	50%	37%
China	18	321	42,0	18%	63,7	23,3	83%	41%
Turquía	10	282	30,8	37%	67,9	5,3	10%	8%
Finlandia	1	94	29,7	-	29,7	29,7	100%	11%
Francia	14	217	26,4	62%	113,5	5,8	93%	11%
Bélgica	4	57	24,1	11%	30,6	21,4	75%	9%
Suiza	1	45	23,1	-	23,1	23,1	0%	32%
España	10	251	17,7	35%	38,5	7,4	90%	17%
Noruega	1	64	16,4	-	16,4	16,4	0%	27%
Marruecos	1	186	6,7	-	6,7	6,7	100%	4%
Total	86	219	41,8	26%	181,1	5,3	70%	28%

Elaboración propia a partir de Transit Costs Project²³

España presenta una variabilidad moderada en el coste medio (35% de desviación frente a la media), que en todo caso, representa una desviación de unos 6 millones de euros por proyecto, la mitad que en el conjunto de la base de datos (11 millones de euros) debido a la gran cantidad de líneas diferentes y al dilatado periodo en el que se han construido. La línea de alta velocidad con el coste más bajo correspondería al tramo Venta de Baños-León, con 7,4 M€²⁰²² mientras que el coste más alto lo tendría la denominada “Y vasca”, con 38,5 millones²⁴.

En el siguiente gráfico aparecen los costes medios desagregados por línea de alta velocidad. Se puede ver que Francia y Turquía se asemejan bastante a España, ambas con un proyecto significativamente más caro que el resto. Bélgica también tendría una distribución muy similar a la española, aunque con una extensión media muy inferior a la española (57 km. frente a 251). Por otro lado, Suiza y Finlandia tienen un coste medio semejante al español, pero cuentan con un solo proyecto o línea de alta velocidad en la base de datos.

Coste por kilómetro por proyecto

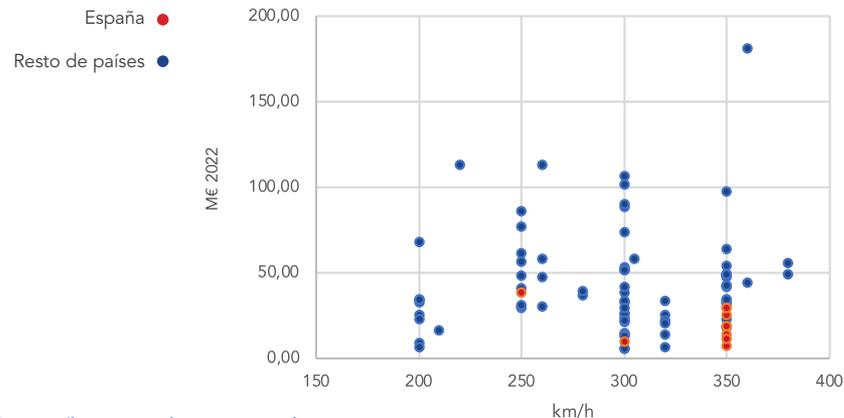


Elaboración propia a partir de Transit Costs Project

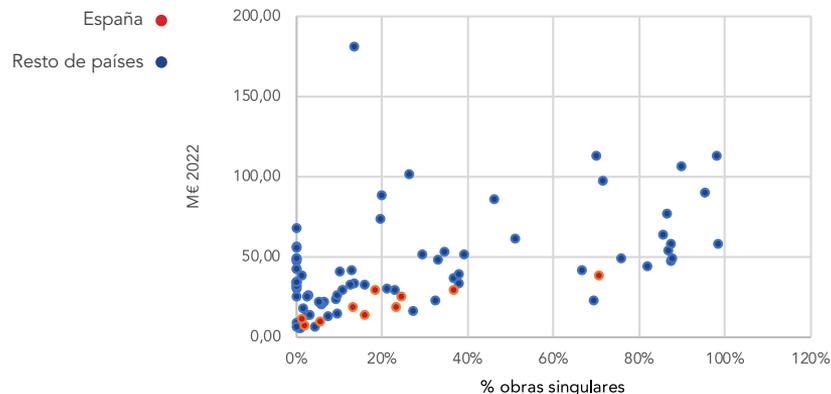
El coste de cada línea o proyecto está en gran parte determinado, por un lado, por los **parámetros de diseño** y los requerimientos de calidad de la vía, velocidad de línea; y, por otro, por la **orografía** que atraviesa, en particular la inversión requerida en obras singulares como túneles y viaductos. Ambos parámetros se proyectan frente al coste medio en los siguientes gráficos.

De los parámetros de construcción, el que más incidencia tiene en el coste de construcción es la **velocidad máxima de diseño**. A este respecto, España mantiene un coste promedio reducido a pesar de que la mayor parte de los proyectos analizados tienen una velocidad de diseño superior a 300 km/h²⁵, como puede verse en el panel superior de este gráfico.

Coste/km vs. velocidad máxima de diseño



Coste/km vs. obras singulares



Además, España posee un **porcentaje de obras singulares** relevante (túneles y viaductos) y su coste se mantiene entre los menores de los analizados para cada nivel de complejidad (entendiendo complejidad como la presencia de túneles y viaductos), de la forma que puede verse en el panel inferior del gráfico anterior. España se encontraría en la media de complejidad si quitamos a los países claramente más montañosos (Austria y Suiza), así como los asiáticos, sin dejar de señalar que la extensión de la red analizada es mucho mayor²⁶.

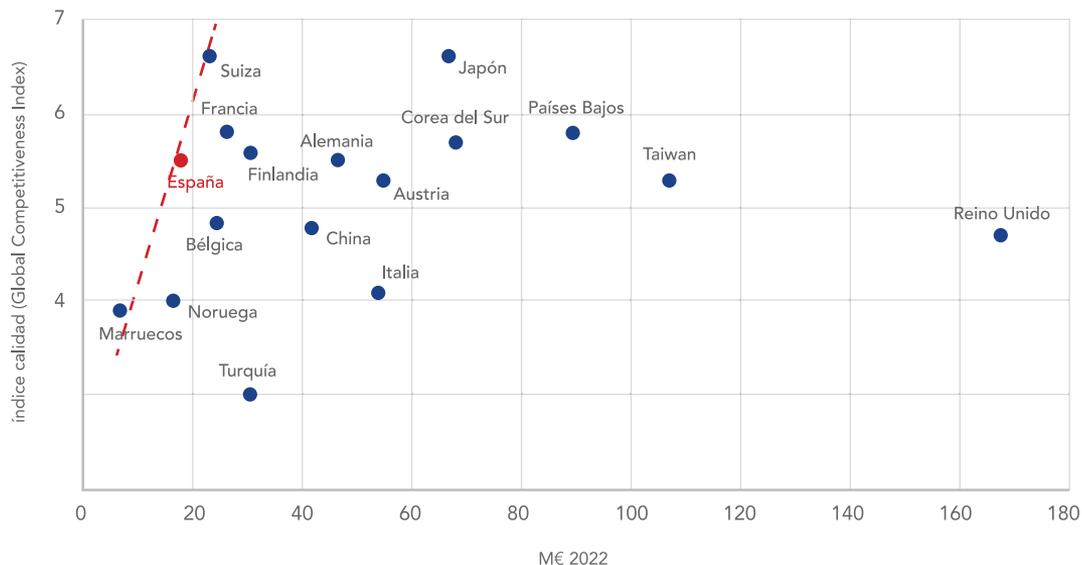
Asimismo, el desarrollo de la alta velocidad en España se ha realizado casi por completo mediante la construcción de nuevas plataformas de vía doble, mientras que en otros países se ha partido de las ya existentes. No obstante, como se ha mencionado, la base de datos no permite diferenciar esta característica.



Finalmente, en términos de **calidad**, la alta velocidad española también sobresale. El siguiente gráfico representa el índice de calidad de las infraestructuras ferroviarias, publicado por el Foro Económico Mundial como parte de su Índice de Competitividad Global²⁷, frente al coste unitario extraído de la base de datos de Transit Costs Project.

Se observa que ningún país tiene mejor relación calidad-coste que España, salvo quizá Marruecos y Suiza, y que aquellos países que consiguen puntuaciones superiores en el índice de calidad lo hacen a costa de incrementos más que proporcionales en su coste/km. Cabe interpretar, por lo tanto, que **España se situaría en la frontera tecnológica de posibilidades de la relación calidad - coste/km y, dentro de esta frontera, en un punto equilibrado.**

Índice calidad - coste/km (ponderado)



En línea discontinua, la frontera maximizadora de la relación calidad-coste.
Elaboración propia a partir de datos de WEF, Transit Costs Project

2.3

Sobrecostes y tiempos de construcción

En lo que se refiere exclusivamente al proceso constructivo, España también sale bien parada.

En la construcción de las líneas de alta velocidad españolas no se han producido excesivos **sobrecostes**, a pesar de que la envergadura de estas infraestructuras hace que afloren gastos no previstos con cierta frecuencia.



Además, España emprendió la alta velocidad sin grandes referencias previas, hecho que suele conllevar la aparición de sobrecostes, a veces, de hasta varios órdenes de magnitud, como ocurre en otros países.

En este sentido, **el Tribunal Europeo de Cuentas (2018) estimó, para los proyectos analizados, un sobrecoste medio del 78% a nivel de línea ferroviaria, mientras que en España este valor se situaba alrededor del 33%** ²⁸.

Además, en **tiempos de construcción España también se encuentra, de media, por debajo de los principales países europeos**. De nuevo el Tribunal Europeo de Cuentas (2018) estima el promedio de años de duración de los trabajos de construcción de las líneas analizadas de España en 15,5 años, mientras que la media europea se sitúa en 18.

2.4

Esfuerzo fiscal

Un último aspecto que debe abordarse en el análisis de la eficiencia española en la producción de alta velocidad ferroviaria es la **perspectiva fiscal macroeconómica** o de esfuerzo fiscal.

Según datos de la OCDE²⁹, entre 2000 y 2021 España invirtió en el conjunto de infraestructura ferroviaria (convencional y alta velocidad) 96.000 M€ en términos nominales.

En ese mismo periodo y en esos mismos términos, Italia invirtió 120.000 millones, Alemania 133.000 millones, Francia 149.000 millones y el Reino Unido 175.000 millones.

Promedio de inversión anual en infraestructura ferroviaria como porcentaje del PIB.

Euros nominales

País	2000-2012		2013 - 2020	
	Promedio inversión anual	% sobre PIB	Promedio inversión anual	% sobre PIB
Europa*	39.884.042.638 €	0,32 %	49.420.257.101 €	0,33 %
España	5.759.769.231 €	0,59 %	2.375.444.625 €	0,21 %
Alemania	4.931.461.538 €	0,21 %	7.341.195.706 €	0,23 %
Francia	4.516.881.146 €	0,24 %	9.867.808.086 €	0,44 %
Italia	6.481.692.308 €	0,43 %	4.468.125.000 €	0,27 %
Reino Unido	6.800.079.497 €	0,35 %	12.416.085.805 €	0,51 %

* Europa (Unión Europea, Reino Unido, Noruega y Suiza).

Elaboración propia a partir de datos de OECD (inversión infraestructura ferroviaria) y EUROSTAT (PIB)

Medido en términos de esfuerzo fiscal respecto al PIB, España realizó un esfuerzo superior al promedio europeo hasta el año 2012. En concreto, un 0,59% frente al 0,32% europeo. Desde ese año hasta el último con registros homogéneos (2021), el esfuerzo fiscal de España en inversión en infraestructura ferroviaria se redujo para situarse por debajo de la media europea (0,21% frente a 0,33%).

El esfuerzo inversor en infraestructuras ferroviarias en España hasta 2012 puede deberse, entre otras razones, a la necesidad de modernizar y ampliar la red ferroviaria. De acuerdo con la AIReF (2020), **para el año 2017 España había convergido con los principales países europeos en dotación de capital ferroviario respecto al PIB**. Hasta ese año habían tenido lugar las grandes puestas en servicio de la red actual: Madrid-Barcelona-Frontera francesa, Madrid-Valladolid, Córdoba-Málaga y Madrid-Levante. Además, una gran parte de la inversión de este periodo se destinó a las puestas en servicio que se realizaron después o que realizarán próximamente: el Eje Atlántico, las líneas hasta Galicia y Asturias (incluida la variante de



Pajares) el Corredor Mediterráneo, y la línea que discurre entre Plasencia y Badajoz, entre otras.

Por tanto, el análisis de la eficiencia española en la producción de infraestructura de alta velocidad tiene una visión macroeconómica a nivel de país y no solo línea a línea. España ha multiplicado por más de 8 la longitud de su red de alta velocidad desde 1992 y ya es el primer país europeo por kilómetro de alta velocidad,

representando aproximadamente un tercio de la red europea de alta velocidad y casi la cuarta parte de toda la red en ejecución o planificada según los datos de la UIC³⁰. Esta **sustancial modernización en un breve periodo de tiempo se ha logrado con una inversión anual inferior, en valores absolutos, a la de otros países europeos, y con un esfuerzo fiscal, por PIB, solo algo superior, por lo que puede considerarse un claro reflejo de la eficiencia del sector.**



CAUSAS DE LA EFICIENCIA DEMOSTRADA EN EL DESARROLLO DE LA ALTA VELOCIDAD

En el punto anterior se ha justificado y documentado cómo **España ha conseguido desarrollar la red de alta velocidad más extensa de la UE con el coste medio de construcción más bajo**. Y cómo lo ha hecho sin penalizar el coste de mantenimiento, que se sitúa en línea con el resto de los países europeos.

De forma que existe suficiente evidencia para afirmar que **el coste global de las líneas de alta velocidad españolas, considerando el ciclo de vida completo de la infraestructura, resulta innegablemente bajo**.





Asimismo, el desarrollo de la alta velocidad en España se ha realizado con **parámetros de diseño y calidad muy elevados, a la vanguardia del sector, en tiempos relativamente rápidos y sin grandes desviaciones de presupuesto**, a pesar de unas condiciones físicas y coyunturales, en un inicio, adversas. Todo ello apunta a que el país es claramente eficiente en la construcción de líneas de alta velocidad.

La trascendencia y magnitud de este resultado hace necesario comprender su origen en profundidad. Por ello, en este epígrafe se ahondará en las posibles causas que han propiciado esta eficiencia en el desarrollo de la alta velocidad, que en cualquier caso constituye un fenómeno económico, social, tecnológico y político complejo desarrollado durante más

de tres décadas. Las causas son múltiples y su incidencia variada³¹.

En este informe se revisan, en primer lugar, los factores relacionados con el análisis económico clásico y, posteriormente, se analizan los factores culturales y sociopolíticos, el contexto y la dinámica institucional y tecnológica, así como el marco económico y financiero que envuelven la alta velocidad³².

La metodología seguida se basa en el análisis de datos y la revisión de la literatura especializada, completada con la descripción de casos paradigmáticos de éxito y el diálogo con varios protagonistas de los últimos treinta años de la alta velocidad española.

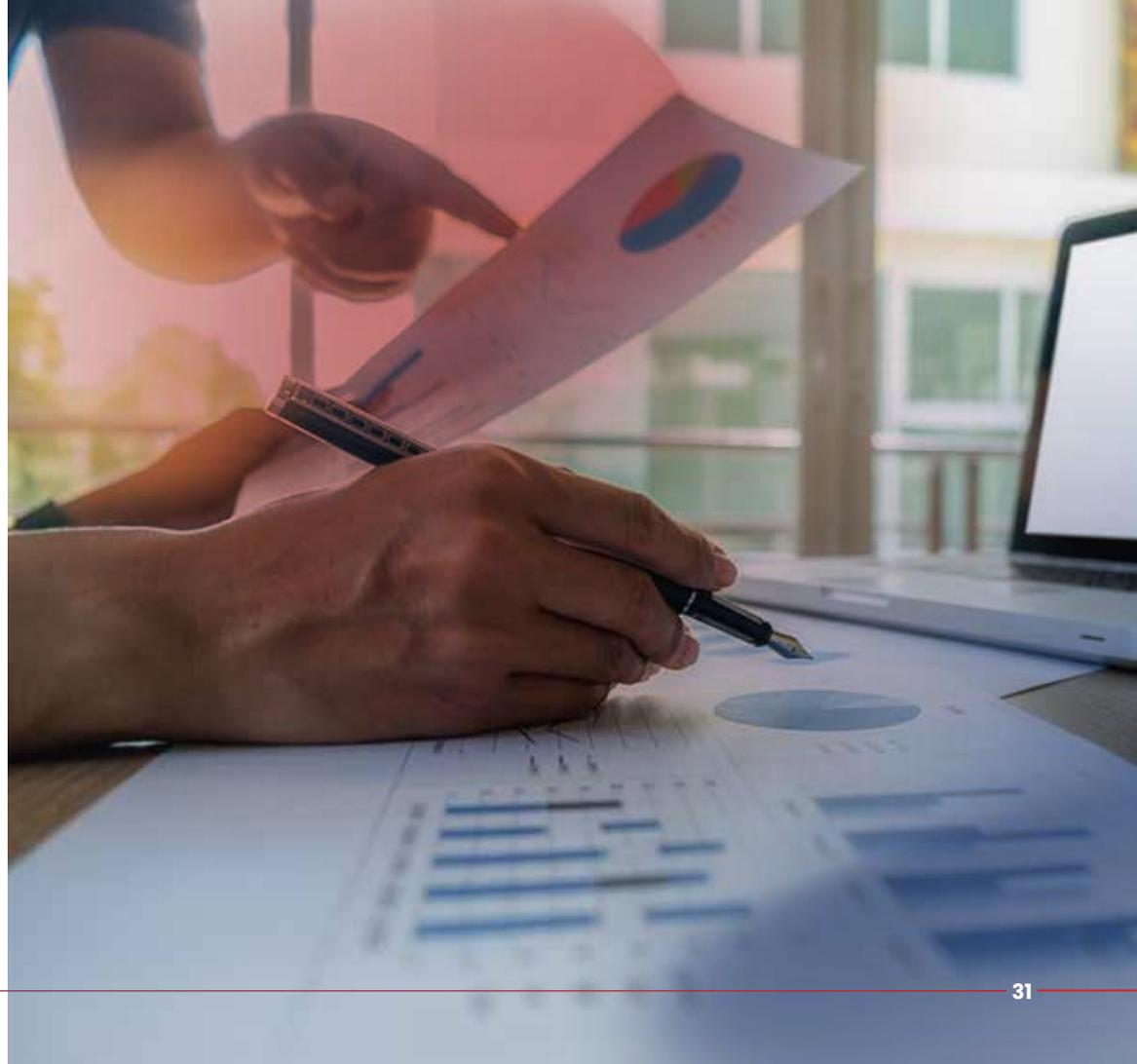
De esta forma, el capítulo se inicia con **las causas de los menores costes desde un punto de vista del análisis económico clásico (punto 3.1)**. En los puntos siguientes se presentan factores de orden político, social, cultural y tecnológico cuya incidencia en los costes es menos obvia o directa, aunque más importante y trascendente, por lo que en ningún caso pueden ser ignorados.

Este análisis comienza tratando **el consenso social y político que ha caracterizado el desarrollo de la alta velocidad en España (punto 3.2)** que, además de facilitar los procesos y reducir los costes de producción, permite que se produzca un gran impulso del sector público con independencia de los ciclos políticos o de las esferas territoriales. De esa manera se genera **un marco institucional y económico público que actúa como un eje esencial del éxito de la implantación de la alta velocidad en el país (punto 3.3)**. Ese impulso público recae sobre una sociedad civil y un sector empresarial maduros y listos para articular y aprovechar una gran transformación modernizadora en España: **un capital humano preparado y un sector empresarial con apetito de crecimiento e innovación (punto 3.4)**. Por último, se analiza cómo este contexto de impulso público y madurez del sector empresarial permitió **la incorporación y el desarrollo de tecnología propia, así como el aprovechamiento de la experiencia como pieza clave para la competencia y éxito del sector ferroviario nacional (punto 3.5)**.

3.1

Factores económicos directos

Un primer elemento de análisis de la eficiencia española es el de los factores económicos de impacto directo: el coste de algunos insumos utilizados en el desarrollo de la alta velocidad y las economías que puedan existir vinculadas a la dimensión o la escala.



Ventajas en costes unitarios de algunos insumos

Uno de los factores que afectan al coste de construcción de una línea ferroviaria es el coste unitario de cada uno de los insumos necesarios para su desarrollo. España cuenta en general con unos costes de algunos de esos insumos inferiores a los de otros países que construyen alta velocidad. Dos son los principales aspectos diferenciales: por un lado, los **costes laborales** y, por otro, el **coste del suelo**. En ambos casos el coste para España es inferior al de otros países de media.

Respecto al coste laboral (entendido como salarios más impuestos menos subvenciones), en base a los datos publicados en Eurostat, se puede ver que **España tiene un coste promedio por hora inferior al de la Unión Europea (-23%), así como respecto a los principales países de la Unión Europea, como Alemania, Francia e Italia**. En concreto, en 2022 en España el coste laboral se sitúa en 23,5 €/hora, respecto a los 30,5 €/hora de la Unión Europea como muestra la tabla anexa.

Coste laboral en España en comparación con otros países y la Unión Europea.

Euros nominales

País	2021		2022	
	Coste/hora	% respecto UE	Coste/hora	% respecto UE
Unión Europea	29,0 €	-	30,5 €	-
España	22,9 €	- 21,0 %	23,5 €	- 23,0%
Alemania	37,4 €	29,0 %	39,5 €	29,5%
Francia	39,3 €	35,5 %	40,8 €	33,8%
Italia	28,8 €	-0,7 %	29,4 €	-3,6%

Fuente: Eurostat y elaboración propia

En conformidad con el informe elaborado por AIReF (2020)³³, los costes de mano de obra de alta velocidad suponen un porcentaje de los costes totales que difiere si es construcción de nueva vía o explotación y mantenimiento de esta. **En los costes de construcción, el coste laboral supone alrededor del 10% del total; mientras que en los costes de operación y mantenimiento es superior y pueden llegar al 50%.**

Respecto al coste del suelo sobre el que discurre la infraestructura o sus servicios, es un aspecto más difícil de medir en términos homogéneos con otros países. En todo caso, con los datos de Eurostat, también se concluye que **España tiene un coste promedio por hectárea algo inferior también al del promedio de la Unión Europea (-18,4%).**

Coste del suelo en España en comparación con la Unión Europea.

Euros nominales

País	2021		2022	
	Coste/hectárea	% respecto UE	Coste/hectárea	% respecto UE
Unión Europea*	14.555,1 €	-	15.864,3 €	-
España	12.901,0 €	-11,4%	12.938,0 €	-18,4%

* Promedio realizado sobre los datos publicados de 23 Estados miembros.

Fuente: Eurostat y elaboración propia



El peso de los costes asociados a la adquisición de los terrenos, según estima el informe elaborado por la Fundación BBVA (2012), suelen representar entre un 5% y un 10% del coste total de la inversión (no obstante, dicho porcentaje incluye costes de planificación en concepto de estudios de viabilidad técnica y económica).

La baja densidad de población en la que se desarrolla una parte importante de la alta velocidad en España es probablemente uno de los principales factores detrás del menor coste del suelo en España. Más de la mitad de los kilómetros de las líneas de alta velocidad en servicio discurren por las 4 comunidades centrales de menor densidad de población (Aragón, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Extremadura) lo que conlleva menores costes del suelo, de reposición de servicios afectados y menor oposición local. El trazado básicamente radial seguido hasta fechas recientes en la alta velocidad ha permitido estas ventajas con relación a si se hubiese empezado conectando las zonas de la costa más densamente pobladas³⁴. La legislación de expropiación española, que reduce la capacidad de bloqueo por parte de

los propietarios, también influye en los costes del suelo.

España no cuenta con ventajas de costes en el resto de los grandes conceptos de insumos - como son la energía o los materiales -, dado que se trata de bienes comerciables en mercados internacionales y cuyos precios reflejan la situación mundial con alternaciones menores. Incluso en algunos conceptos podría producirse alguna desventaja para las empresas españolas como en la energía y en los costes logísticos de posicionamientos de materiales en las obras.

En conclusión, **España tiene cierta ventaja en los costes laborales y del suelo con respecto al promedio de la Unión Europea, pero su peso en el conjunto de los costes es reducido y, por lo tanto, podría explicar, como mucho, una parte menor de la ventaja en costes de la alta velocidad española.**

Ventajas de escala

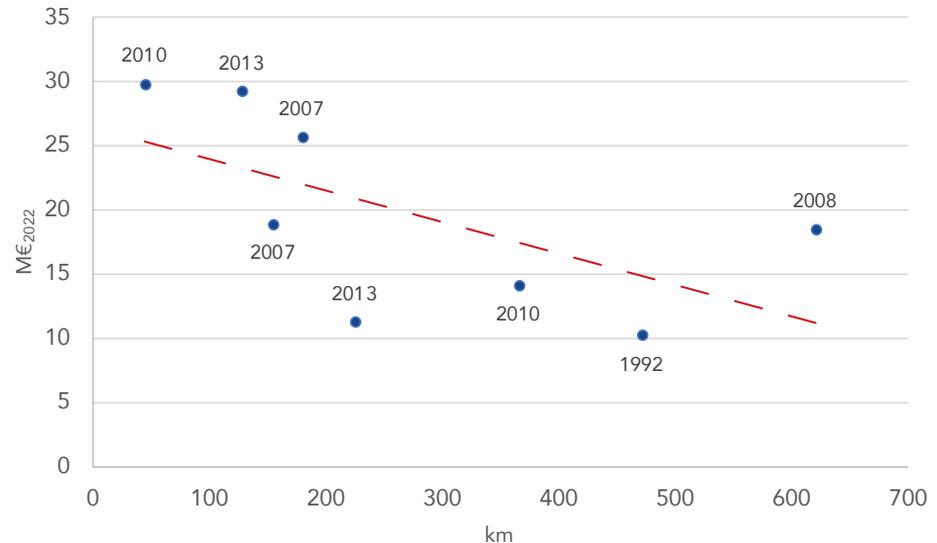
Las infraestructuras de transporte se caracterizan por grandes economías de escala cuando se consideran como parte de la cadena de valor completa del transporte como conjunto de los costes de infraestructuras más los costes de las operaciones o servicios de transporte. Se entiende como economías de escala aquellas que se producen cuando los costes unitarios son decrecientes respecto al nivel de producción. En la construcción ferroviaria, se traduciría en menores costes promedios unitarios de construcción y mantenimiento al crecer el volumen de actividad e irse extendiendo por el territorio.

Tradicionalmente, la literatura económica se ha centrado en el conjunto de la infraestructura y la operación para estudiar estas economías de escala, de alcance o de red. Y, aunque, la construcción en sí misma no es un caso típico, sí que existen, y en el caso español quizá con más intensidad, ciertos procesos que se benefician de la escala.

De esta forma, la construcción de alta velocidad en España sí puede haber desarrollado ciertas economías de escala dada la magnitud de obras simultáneas que ha habido, especialmente en el periodo 2000-2010. Estas pueden haberse producido por la eficiencia que se genera al coordinar varios proyectos a la vez, que además permite diluir ciertos gastos generales. Asimismo, al tener un alto volumen de inversión y actividad en España, se ha podido tramificar la contratación en secciones, manteniendo contratos con una dimensión que permita aprovechar las ventajas de escala, manteniendo la presión competitiva en el conjunto de la industria, para disminuir su coste unitario.

De hecho, se aprecia que podría haber cierta evidencia respecto a este punto. En el siguiente gráfico se compara el coste unitario de una línea de alta velocidad con su longitud. Se ve cómo la construcción ha sido más barata cuanto más extensión se construía. Además, cabe remarcar que, salvo la Madrid-Sevilla, el resto de las actuaciones más baratas se realizaron simultáneamente durante la década 2000-2010.

Coste / km versus longitud de la línea



Elaboración propia a partir de Transit Costs Project

3.2

Consenso social y político

El crecimiento de la red de infraestructuras en España en un relativamente corto periodo de tiempo y, específicamente, **el espectacular crecimiento de la red de alta velocidad se ve facilitado por el amplio consenso social y político generado en torno a su desarrollo.**

Este espíritu ha permitido que los cambios de gobierno no afectasen al avance de las actuaciones que tampoco enfrentaban gran resistencia por parte de otras administraciones o de la ciudadanía.



España entró en la década de 1980 desde un relativo aislamiento social, político y económico que se unía a su situación periférica con respecto a los países europeos con mayor desarrollo económico y social. El relativo retraso económico (con un PIB per cápita en 1980 del 73% de la media de la UE-15) se unía al retraso en el desarrollo de la red de infraestructuras del transporte. El stock de capital público, en general, y, en particular el de infraestructuras era inferior a la media europea³⁵. En ese año 1980 España contaba con solo 1.933 km de autovías y autopistas de los que el 79% eran de peaje, mientras que otros países ya tenían el grueso de su red perfilado.

En ese contexto **se generó en la sociedad española un deseo de apertura política y social y de desarrollo e integración económicos para los que la construcción de infraestructuras de transporte era un símbolo y un medio muy apropiado para alcanzarlos.**

Con la incorporación de España al proyecto europeo en 1986 y la llegada de sus fondos y, posteriormente, con los ingresos fiscales del ciclo económico expansivo, se posibilitó la

modernización de la red. La inversión en infraestructuras se mantuvo algo superior a la media europea hasta el año 2011 y posteriores. De esa manera se pudo cerrar la brecha en dotación de infraestructuras con respecto a Europa y situar España en la bien conocida posición de liderazgo que actualmente ostenta³⁶.

Durante ese periodo se produjeron en España hitos en el desarrollo de la red que tuvieron gran repercusión, entre los que destaca la conexión de alta velocidad entre Madrid y Sevilla en el año 1992, con un esquema muy innovador.

Esta primera línea fue un gran éxito de gestión, de viajeros y de impacto mediático, de forma que, lejos de enfriar el entusiasmo inicial por las infraestructuras del transporte como sucedió en otros lugares, lo reforzó, creando un referente para todos los territorios de España y sentando las bases del crecimiento posterior de la Alta Velocidad Española.

La línea Madrid-Sevilla se abordó con un horizonte de puesta servicio muy claro e inamovible, lo que tensionó a todos los agentes implicados en su consecución, agudizando

el planteamiento de soluciones y procesos, y evitando replanteamientos, o incertidumbres retardadas. **Su éxito comercial y técnico evidenciaron que las nuevas infraestructuras debían diseñarse de acuerdo con parámetros de alta velocidad.**

Un aspecto nada menor de este positivo contexto social y político para las infraestructuras es que en **España no arraigó el fenómeno etiquetado como “NIMBYsmo” en otros lugares**³⁷. Este fenómeno se traduce en una oposición de la opinión pública o la prensa local a la construcción de infraestructuras en su entorno particular y supone un obstáculo clave para el desarrollo de proyectos en plazo y coste.

Como se indica más adelante, en el apartado sobre HS2, en el Reino Unido, la fase de diseño, incluidos los estudios ambientales, se desarrolla con una perspectiva de fuerte escrutinio posterior, de forma que, incluso pequeñas decisiones técnicas, se documentan de manera muy detallada y exhaustiva. Esto eleva significativamente los costes ya en esta fase preliminar. Posteriormente, tanto los representantes de las circunscripciones afectadas (en el Reino Unido

entidades locales pequeñas por el sistema de representante único), como las comunidades locales, imponen al proyecto soluciones técnicas más costosas o paquetes de compensación elevados que incrementan el coste.

En España los requerimientos locales que elevan el coste de las actuaciones van en aumento en los últimos años, aunque se desarrollan en un contexto de apoyo generalizado a las actuaciones, lo que reduce en cierto modo el “poder de negociación” de la perspectiva local.

La menor oposición de las comunidades locales a las actuaciones en España se ve favorecida también por la baja densidad de población de muchas de las zonas por las que discurre la alta velocidad³⁸. Esta menor densidad, como se vio en el punto anterior, además de reducir la oposición local, reduce el coste del suelo y de los servicios afectados.

Este consenso social y político ha favorecido en España también el mantenimiento de una legislación de expropiaciones simplificada que permite acelerar los trámites con la declaración de la utilidad pública de una

intervención, y la agilización de los procesos administrativos y de consultas públicas involucradas. No se trata de que la legislación española no dé garantías y posibilidades de recursos a los propietarios expropiados, pero su procedimiento se sustenta en una legislación general frente, por ejemplo, al caso británico, o el imperante en el ámbito anglosajón, en el que las afectaciones a la propiedad requieren legislación primaria por cada proyecto.

Todos los aspectos revisados en este punto tienen finalmente un reflejo positivo en el coste de producción de la infraestructura.



Este escenario tradicional en España evoluciona y, tanto la legislación como los procesos y las opiniones, se adecuan a una sociedad más sofisticada y sensible. Sin embargo, en España no hay una resistencia “local” a la inversión en los territorios, pero sí se van produciendo mayores exigencias y costes asociados, por ejemplo, con los soterramientos generalizados y medidas compensatorias, un fenómeno a veces etiquetado como “YIMBYismo”, que también presenta riesgos.

En todo caso, cabe concluir que la alta velocidad ferroviaria española sigue suscitando un amplio consenso basado en los atributos que la hicieron atractiva para el ciudadano desde su puesta en escena en 1992: una movilidad segura con una tasa de accidentalidad muy inferior al resto del transporte terrestre, innovadora aplicando los últimos sistemas tecnológicos de movilidad y sostenible con uso de energía renovable.

3.3

Impulso del sector público

La alta velocidad en España ha contado, desde sus inicios, con un fuerte compromiso público, de forma estable y continua en los diferentes ciclos políticos y contextos económicos.

Destaca el apoyo político y liderazgo del, en la actualidad, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, la implicación del gestor de la infraestructura en las fases de diseño y construcción, y una financiación pública europea y española que han hecho posible la red.





3.3.1 LIDERAZGO DEL MINISTERIO

La alta velocidad ha sido una prioridad del Ministerio en sus diferentes etapas políticas y contextos financieros y económicos.

El Ministerio tiene atribuidas las funciones de planificación a todos los niveles. En particular, la actual Dirección General de Planificación y Evaluación de la Red Ferroviaria es la responsable de la **planificación ferroviaria**

bajo los principios establecidos por los planes estratégicos de infraestructuras, que sintetiza la denominada Estrategia Indicativa Ferroviaria. Este departamento es, además, el encargado de la elaboración y seguimiento de los estudios de viabilidad e informativos, etapa inicial en el desarrollo de las líneas de alta velocidad.

Una planificación adecuada supone una condición necesaria, aunque no suficiente, para el éxito de un programa de infraestructuras. En

este sentido, en España el consenso político otorga **continuidad y estabilidad** de sus objetivos y estrategias de implementación, clave en la superación de las deficiencias históricas en términos de infraestructura respecto a Europa.

Por otro lado, el desarrollo de la **alta velocidad se ha adaptado a los diferentes escenarios financieros y presupuestarios de los últimos 30 años, sin que, pese a las dificultades enfrentadas, en ningún caso se haya optado por desechar la opción de país por la alta velocidad.**





3.3.2 IMPLICACIÓN DEL ADMINISTRADOR PÚBLICO (ADIF)

El Administrador de la Red Ferroviaria de Interés General española, Adif o, más estrictamente, el grupo integrado por las Sociedades Mercantiles Estatales Adif y Adif alta velocidad **ha desempeñado un papel fundamental – y diferencial - en el desarrollo de la actual red de alta velocidad.**

Su capacidad técnica, recursos, funciones, implicación y cultura le ha llevado a ser un gran protagonista en la experiencia española de alta velocidad y a jugar **un rol diferente del que**

suelen ostentar otros administradores de red y otros promotores o “project leaders” de iniciativas de alta velocidad ferroviaria.

La primera línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla se ejecutó sin haberse llevado todavía a cabo la separación entre la gestión de la infraestructura y la operación de servicios. Con la creación del Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), que después se transformaría en Adif, se separa la construcción, el mantenimiento y la explotación de la infraestructura de la operación de los servicios.

Adif es actualmente responsable del diseño, la construcción, la supervisión y el mantenimiento de la red ferroviaria, así como de la gestión del tráfico ferroviario y la explotación de la infraestructura y las estaciones. **El modelo de gestión llevado a cabo en España por Adif es el de la externalización de las fases de diseño y construcción, pero con una implicación muy directa.**

Capacitación técnica de Adif

A diferencia de otros promotores de proyectos de alta velocidad e, incluso, de otros adminis-

tradores de redes que normalizan la delegación completa de la gestión técnica llegando incluso a desagregar, diluir, estratificar y repartir responsabilidades a través de complejos procedimientos y contratos con terceros, Adif ha contado, hasta ahora, con equipos de una gran capacidad y cualificación para asumir en propio la responsabilidad directa sobre decisiones técnicas estratégicas, relevantes y complejas.

Integrado por un alto número de ingenieros e ingenieras con experiencia y formación en las diferentes especialidades o subsistemas ferroviarios (plataforma, vía, energía, señalización, etc.), el equipo hace posible una fuerte implicación en las diferentes fases de las actuaciones, de forma que, una vez adjudicado un contrato, sus técnicos **establecen un diálogo proactivo con los ingenieros y especialistas de las empresas adjudicatarias.**

Un diálogo que va más allá de la solución de las incidencias del día a día de las obras y busca mejoras u oportunidades en la ejecución, aunque no estuvieran inicialmente contempladas.

ACTUACIONES SINGULARES DE LA RED FERROVIARIA



Este diálogo “de tú a tú” entre Adif y las empresas se produce de forma generalizada y es visto como algo normal y positivo por las empresas españolas. Sus beneficios resultan especialmente significativos en las actuaciones singulares de gran complejidad como túneles y viaductos.

Por sus **estándares de diseño** y la **complejidad orográfica** del país, la red española cuenta con importantes **actuaciones singulares**. Un ejemplo de

ello son los túneles. El de Guadarrama (28 km) o el de Pajares (25 km) fueron ejecutados a través de varios contratos y una implicación directa de Adif en la coordinación y en la superación de incidencias, así como en el desarrollo de innovaciones “in situ”, por lo que la propia ejecución contó con desviaciones relativamente menores para lo que suelen ser estas actuaciones tan destacadas.

Igualmente, la red española **cuenta con viaductos singulares**. El Viaducto del Ulla (Galicia), con un pilar de 117 m y un arco central de 105 m de altura, el Viaducto del Deza (Galicia), construido usando un sistema muy preciso y complejo bajando progresivamente ambos arcos, o el Viaducto de Contreras (AV Levante), uno de los mayores puentes arco de hormigón (261 m de vano), son reflejo de varios de los aspectos

diferenciales del “modelo Adif” de desarrollo de la alta velocidad española.

Las actuaciones singulares se implementan normalmente a través de diferentes contratos e incluso diferentes tramos. Su ejecución responde también a la capacidad de ingeniería de las empresas constructoras y del propio Adif, pues cada incidencia o contrat tiempo no conlleva usualmente litigios y paralizaciones.

Otros desafíos de carácter técnico de la red española reflejan también la implicación en equipo de varios actores, como pueden ser los cambios automáticos de ancho para trenes de pasajeros de rodadura desplazable que circulan en ambos anchos (UIC/Ibérico), operados a 30 km/h.

Los hitos en el desarrollo de innovaciones y en el rendimiento de la

red son resultado, en gran medida, de este marco de colaboración e implicación de Adif, como la velocidad de los desvíos (350 km/h desvíos en vía directa, y 220 km/h a desviada); la colocación de vía en balasto a un ritmo de más de 3.000 m vía única/día; la certificación de línea aérea de contacto de alta velocidad (350 km/h + 10%) según las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI) europeas; las subestaciones de diseño nacional de 2x25 kV C.A. para alta velocidad; o la tecnología de mantenimiento incluyendo trenes laboratorio y de auscultación.

Todos estos elementos desarrollados en la alta velocidad no fueron diseñados en frío antes de su ejecución, sino que su diseño fue perfeccionándose a medida que la red se ejecutaba, sin grandes litigios, sobrecostes o paralizaciones.

La **capacidad técnica de Adif impacta en las diferentes fases de las actuaciones**, no solo durante la ejecución de los contratos. Así, en las **fases de diseño** a partir de los estudios informativos que elabora el Ministerio, tradicionalmente con plazos temporales más ajustados en España que en otros países, y posteriormente en la redacción de proyectos básicos y constructivos, Adif aporta visiones expertas y diálogo con las ingenierías.

Durante la propia **fase de contratación**, la elaboración de los pliegos y la valoración de las ofertas se beneficia de esta capacidad técnica que acabará redundando en la reducción de costes. También en la **parte de financiación**, el denominado *costing* o estimación de costes y la explotación se benefician de esta capacitación técnica.

En definitiva, el perfil técnico de Adif le permite adoptar un rol de dirección de proyecto u obra muy cualificado en cada actuación.

Por otra parte, **la implicación de Adif en los miles de contratos que integran la alta velocidad española desde hace más de 30 años le**



ha permitido elevar los beneficios desde el perímetro estricto de cada contrato u obra, al de dirección de la creación de la red en su conjunto.

Así, se han desarrollado estándares que aplican a varios contratos referidos a travesías, tipo de catenaria y multitud de componentes y sistemas, reduciendo su coste. También se han desarrollado procedimientos para la coordinación de la ejecución, seguridad y puesta en servicio de los diferentes sistemas de un tramo, aunque sean ejecutados por diferentes empresas; un sistema de gestión de red propio - Sistema DaVinci - o el liderazgo mundial en la implementación del nivel II de ERTMS, entre otras sinergias explotadas.

Esta fortaleza de Adif, implica una ventaja que va más allá de la estricta vertiente técnica, **le permite ostentar una mejor posición negociadora a nivel de cada contrato y en el desarrollo de toda la red frente a las empresas constructoras e ingenierías.** En términos económicos, se reduce la asimetría de la información entre sector público y sector privado lo que redundará en beneficio del interés público.

En última instancia, la capacidad técnica de Adif se basa en el capital humano y tecnológico del país en su conjunto y en una apuesta pública por dotar al administrador de los recursos y las funciones para configurarse con este destacado perfil. Hay que mencionar, en esta línea, que Ineco, como medio propio de la Administración y empresa participada por Adif y Adif Alta Velocidad, ha sido clave en esta materia.

Las ingenierías públicas no son un aspecto diferencial de España, pues también las hay en otros países europeos. Pero que Adif haya podido contar con la flexibilidad y agilidad de una empresa como Ineco y que su personal haya participado de la cultura de implicación en las obras de Adif, ha reforzado la relevancia técnica del sector público que, combinada con la capacitación de las empresas constructoras e ingenierías privadas, han logrado dar con un modelo versátil y eficiente en el desarrollo de la alta velocidad.

Modelo de gestión flexible de contratos

Otro factor frecuentemente citado del caso español es el diferente peso que tienen las distintas fases en el desarrollo de la infraestructura y, en consecuencia, el diferente peso que tienen las empresas que participan en esas fases.

Generalmente, en España la **fase de diseño** (integrada básicamente por los Estudios Informativos y el proyecto y sus subprocesos de evaluación ambiental y consultas públicas) **es más rápida y corta que en los países anglosajones** y menos detallada.

Esto que, a priori, podría presentarse como una debilidad institucional, ha demostrado que puede no serlo. Las constructoras y la dirección del contrato por parte de Adif tienen capacidad técnica para afrontar imprevistos y suplir los aspectos no abordados en la fase de diseño con la experiencia y conocimiento de los responsables públicos y de las empresas en fases posteriores.



En definitiva, **si se dispone de elevada capacidad técnica en la fase de ejecución de la obra** -para lo que son necesarias empresas constructoras cualificadas técnicamente, asistencias técnicas y direcciones de obra del administrador de la red igualmente cualificados-, **puede ser más ventajoso desplegar soluciones de detalle a imprevistos en la fase de ejecución compatibles con un necesario planteamiento riguroso de las fases previas, aunque en estas no se aborden todos los imprevistos posibles.**

Este reparto de la capacitación técnica a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de las infraestructuras en vez de concentrarlas

todas en la fase de diseño, puede representar también una ventaja institucional al equilibrar el poder de negociación entre los actores y romper con un cierto monopolio tecnológico de las ingenierías que se producen en los países anglosajones.

La Unión Europea, probablemente sensible a esta situación, legisló en esta dirección (a través de la Directiva 2004/18/EC y luego por la Directiva 2014/24/EC)³⁹ un nuevo método de contratación para “proyectos particularmente complejos”, a través del denominado “diálogo competitivo”.

Este reequilibrio de fases que se viene produciendo en España parece estar en línea, también, con las últimas tendencias de diseño contractual óptimo para las inversiones en infraestructuras bajo el paraguas del término *early contractor involvement*. Dicho principio requiere flexibilidad e involucración del contratista para la detección de posibles mejoras o cambios con el objeto de evitar que contratiempos o reajustes se traduzcan en sobrecostos o paralizaciones. Por ello es adecuado para largos

y complejos proyectos como los de alta velocidad ferroviaria.

Uno de los elementos que ha impulsado esta gestión flexible de los contratos de alta velocidad en España es la relativa baja judicialización derivada de modificaciones o adendas contractuales, en comparación con otros modelos como el anglosajón que requieren destinar más recursos, tiempo y energías a resolver dichos obstáculos por vía judicial.

Los últimos años, sin embargo, parecen apuntar a un crecimiento de la judicialización también en España, que se mantiene, en todo caso, por debajo de la imperante en los países anglosajones. Otro elemento novedoso que puede afectar a la gestión flexible de contratos es la normalización de las técnicas de gestión y planificación de las metodologías BIM (Building information Modeling) que podrían reforzar el modelo anglosajón en detrimento del modelo flexible español.

Probablemente el futuro se decante por algún punto equilibrado o intermedio. Aunque la aplicación de procedimientos BIM y la judicia-

lización de los conflictos reduzcan el espacio de las soluciones flexibles *ad hoc*, las obras siempre requerirán capacidad de reacción en cada momento por lo que alguna opción intermedia en la línea del early contractor involvement, y aprovechar las metodologías BIM para la gestión eficiente de activos, detectando anticipadamente colisiones y solapes entre actuaciones podrán integrar esta vía de futuro.

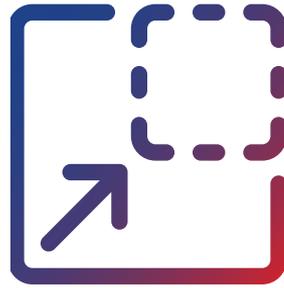
Contratos de importes ajustados: tramificación de contratos

En España, la estrategia de desarrollo y licitación desarrollada Adif ha consistido en la ejecución de la red a través de contratos de importe relativamente pequeño (en comparación con el volumen de inversión total). Un aspecto vinculado con el punto anterior de la gestión flexible de contratos.

Es la denominada **tramificación de los contratos de obra⁴⁰, que consiste en segmentar la línea ferroviaria en varios contratos por tramos, cuya longitud depende de las especialidades y la orografía para que su dimensión permita explotar las ventajas de**

escala, pero no se produzca una excesiva concentración.

Así, para la plataforma los tramos pueden ser de unos 10 a 15 km en terrenos sencillos, hasta solo 2 km o menos en terrenos complicados. Para otras especialidades los tramos son



mayores: por ejemplo, en vía y equipos o en electrificación. En general, la dimensión de los tramos tiene en cuenta la dimensión mínima eficiente que implica la tecnología.

La articulación a través de múltiples contratos permite en primer lugar reducir el riesgo

sistémico de algunas incidencias (como una quiebra de una empresa o la propagación de los retrasos); aumenta la presión competitiva a corto plazo en cada licitación (más licitantes posibles) , y también genera un ecosistema de empresas o sector industrial más competitivo a largo plazo (menos tendencia a controlar y acaparar conocimientos técnicos, tecnologías y experiencia).

La aplicación de este modelo de contratos exige al gestor de la infraestructura una capacidad administrativa de gestión de muchos contratos a la vez y una coordinación técnica reforzada para que la participación de diferentes empresas no implique conflictos o ineficiencias. La capacidad de Adif para dotarse de recursos para la gestión administrativa asignándoles protagonismo y relevancia es crítica para que esto se pueda producir.

Un ejemplo de esta coordinación es la estrategia de compras directas por parte de Adif que se aplica a veces. En estos casos no es el contratista el que compra determinados materiales o insumos, sino que lo hace directamente Adif reduciendo la doble marginalización,

obteniendo mejores precios por su posición en el mercado y pudiendo coordinar operaciones logísticas, prioridades, y suministros.

Las compras directas no son algo que se aplique de forma generalizada dado que también reducen los efectos positivos del juego de mercado y pueden reducir incentivos y ventajas de algunos proveedores. Pero un uso equilibrado ha demostrado tener efectos positivos sobre el binomio calidad del producto-coste/beneficio.

Aprendizaje y estandarización de procesos en la alta velocidad española

Vinculado con esta estrategia de contratos de importe relativamente menor, está la denominada estandarización de procesos en el desarrollo de la alta velocidad española. **Al producirse procesos de licitación frecuentes el propio administrador puede ir capitalizando las experiencias acumuladas con anterioridad y trasladarlas a aspectos concretos de los pliegos. También los contratistas tienen más**

posibilidades de trasladar a sus ofertas las lecciones aprendidas.

Adif siempre ha mantenido una postura de respeto a la neutralidad tecnológica, pero al mismo tiempo ha velado por que los pliegos de cada momento sean compatibles con los estándares que requiere la coherencia y eficiencia de la red y con el estado de la técnica. También se



ha procurado que el avance tecnológico en las diferentes especialidades no se decante exclusivamente hacia un único o un número reducido de proveedores.

De esta manera, el conocimiento y experiencia que Adif (apoyado en muchos casos por Ineco⁴¹) va generando, se integra en el acervo general al incorporarse en los propios pliegos y hacerse accesible por el conjunto de la industria.

El conocimiento generado en los 30 años de alta velocidad no se queda exclusivamente en unas pocas empresas. Adif retiene una parte importante de este conocimiento y lo comparte con empresas constructoras e ingenierías.

Los contratos más pequeños son también en gran medida más sencillos, y sus incidencias más abordables. Los contratos de una misma categoría son similares y por lo tanto más estandarizables en muchos aspectos (costes de referencia, plazos, criterios de evaluación).

3.3.3 FINANCIACIÓN EUROPEA

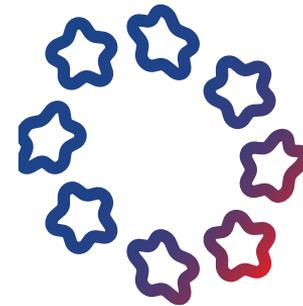
No sería justo ni riguroso referirse al desarrollo de la alta velocidad ferroviaria española sin mencionar de forma destacada la financiación europea.

La importancia de la financiación europea (incorporada al coste) no se limita exclusivamente a la magnitud de los fondos otorgados que reducen el esfuerzo fiscal del contribuyente español (aunque en este estudio todos los costes se tienen en cuenta con independencia de su origen), sino que esta financiación conlleva unos requisitos y procedimientos específicos (de planificación, evaluación, gestión y seguimiento) que podrían tener alguna relevancia y generar una mayor eficiencia en el uso de los recursos.

Los fondos europeos han tenido un gran peso en la inversión en infraestructuras de transporte. De acuerdo con los datos facilitados por la Dirección General de Fondos Europeos⁴², el 76% de las ayudas recibidas por España a

través del Fondo de Cohesión y el Fondo de Desarrollo Regional (FEDER) entre 2000 y 2020 fueron dedicadas a construir equipamientos de transporte.

En concreto, la UE ha invertido 57.641 millones de euros entre 2000 y 2020 para la construcción de infraestructuras de transporte en España. La importancia de dichas ayudas ha ido reduciéndose con cada marco financiero, siendo de un 36% en el periodo 2000 - 2006, de un 16% en 2007 - 2013 y de un 6% en el marco 2014-2020.



Inversión en infraestructuras en España. Euros nominales

Marco financiero	Inversión total	Ayuda europea	%
2000-2006	98.075.381.136 €	35.105.802.347 €	36%
2007-2013	122.517.481.427 €	20.131.883.604 €	16%
2014-2020	38.317.922.743 €	2.403.786.899 €	6%

Fuente: Airef (2020)



Respecto a la inversión en alta velocidad ferroviaria, en los periodos 2000-2006 y 2007-2013 las ayudas recibidas procedentes del Fondo de Cohesión, del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y de las Ayudas RTE-T ascendieron a 11.146 millones de euros⁴³.

De los aproximadamente 57.200 millones de euros invertidos por Adif en la alta velocidad española, el 20,8% fueron financiados con ayudas europeas a fondos perdido, y un 21,8% con préstamos BEI. El porcentaje de la inversión en alta velocidad financiado por fondos europeos se ha ido reduciendo con el tiempo, si bien con la aprobación del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, esta financiación volverá a crecer hasta el final del horizonte del plan en 2026.

España ha tenido en general un buen desempeño comparado en el uso de estos fondos (con algunas críticas) como pone de manifiesto algunos informes de la Comisión sobre la materia y de otros órganos independientes.

En términos generales, España ha materializado un alto porcentaje de los compromisos de gastos de fondos europeos estructurales. Entendiendo como tasa de absorción aquella que supone el total de los pagos dividido por el total de los compromisos, España ha ejecutado en torno al 92%⁴⁴ de sus compromisos de gasto en los programas europeos 2000-2006 y 2007-2013, una cifra similar en porcentaje a Francia y Alemania (con menores importes absolutos de fondos), y superiores a Italia que también tuvo un alto volumen de financiación como España.

En gran medida el relativo buen uso que España ha hecho de los fondos europeos puede reflejar el gran consenso político que existe en España sobre la importancia de avanzar en la alta velocidad y en la integración europea desde los años 80.

3.4

Capacidad del sector empresarial

El impulso dado por el sector público recae en una sociedad más moderna y abierta a las transformaciones.

Por una parte, la ciudadanía, especialmente las nuevas generaciones, contaban con una cualificación y preparación técnica más elevadas y, por otra parte, el sector empresarial había desarrollado una mayor predisposición y capacidad para incorporar y desarrollar tecnologías y abrirse al exterior. En este punto se desarrollan estos factores clave para el éxito de la experiencia española de alta velocidad





3.4.1 INGENIERÍA ESPAÑOLA

España cuenta actualmente con un elevado número de ingenieros e ingenieras en sus diversas ramas con buena formación teórica y capacitación para el desempeño profesional, así como con un elevado número de empresas especializadas en la provisión de servicios de ingeniería, y empresas industriales y constructoras con una alta cualificación técnica.

Según el Observatorio de la Ingeniería de España⁴⁵ en 2022, **había unos 750.000 ingenieros e ingenieras en España, una tasa de 15,7 ingenieros por cada 1.000 habitantes, algo por encima de la media europea.** Este valor supera a la densidad de ingenieros en otros países europeos como Francia e Italia, aunque se encuentra algo por debajo del de países de alta peso industrial como Alemania. Hay que destacar que, según este estudio, un

40% de los titulados tenía en 2022 menos de 35 años y un 73% menos de 45 años. Por lo que, si bien en los últimos años se aprecia, como en el resto del mundo occidental, una tendencia a la baja en las matriculaciones en las escuelas de ingeniería y en el número de titulados⁴⁶, que es importante contrarrestar porque hacen falta más, España cuenta con una población joven formada en disciplinas técnicas y, en general, en disciplinas STEM que le permite afrontar los desafíos de medio plazo en un amplio ámbito de actividades técnicas, entre ellas la ingeniería civil.

La mayoría de los **titulados en la ingeniería están activos en el ejercicio de su profesión en alguna actividad vinculada a su formación** y, en su mayoría (60%), trabajan en **empresas grandes (más 250 empleados), que son las más productivas.** Existen también un amplio sector de empresas de ingeniería de menor dimensión (con menos de 50 empleados) especializadas en alguna actividad o ámbito local o que son empresas recientes (*start ups*) en un contexto muy dinámico⁴⁷.

La educación académica en el grado de ingeniería en España se sustenta esencialmente en las numerosas escuelas técnicas superiores de ingeniería de las universidades que, en muchos casos, remontan sus orígenes en instituciones anteriores, por lo que la formación cuenta con una amplia tradición y prestigio que es reconocida internacionalmente como muestran algunas clasificaciones internacionales y, sobre todo, por el número de titulados que trabajan en empresas de ingeniería en todo el mundo o que trabajan en empresas españolas pero en proyectos en otros países.

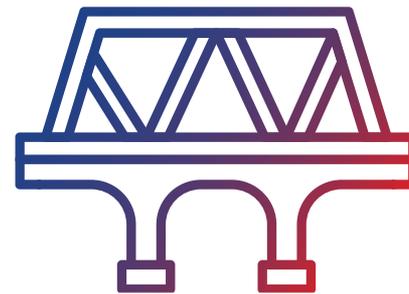
Así, los **títulos universitarios de ingeniería en España se encuentran bien posicionados en rankings internacionales**. Por ejemplo, el Academic Ranking of World Universities (ARWU), más conocido como Ranking de Shanghai⁴⁸, sitúa a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) como la sexta mejor universidad en el área de la Ingeniería Civil. También el ranking QS 2023 (QS World University Rankings by Subject 2023)⁴⁹ sitúa a dos universidades españolas (UPM y Universidad Politécnica de Cataluña) entre las 100 mejores en las áreas de ingeniería y tecnología.

Esta calidad formativa produce profesionales que benefician especialmente al sistema de transporte. A modo de ejemplo es destacable que el trazado realizado por Ineco para el anteproyecto de la línea de alta velocidad Madrid - Barcelona, en 1975 es prácticamente igual que el construido décadas después⁵⁰.

Además, en el campo de la formación ferroviaria, se han creado cursos formativos específicos que permiten un conocimiento integral del sector. La industria, ingenierías y el resto de los actores del sector requieren personal cualificado debido tanto al alto contenido tecnológico como al fuerte impulso de transformación y digitalización que se está produciendo. Existe una gran variedad de cursos de alto nivel, como es el caso del Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios⁵¹ impartido por la Universidad de Comillas o el Máster de Formación Permanente en Ingeniería de Sistemas Ferroviarios⁵², impartido por la UC3M y Alstom.

Esta formación permite, también, que los ingenieros e ingenieras españoles salgan **al mercado con una muy buena aceptación por parte del mundo empresarial internacional**.

Un ámbito en el que esta acogida internacional es más manifiesta es en la Ingeniería civil e ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (ICCP) que cuenta con unos 60.000 titulados, una parte importante de los cuales trabaja en empresas o proyectos internacionales. Según el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España, “3.000 de los 26.000 ingenieros de Caminos, Canales y Puertos colegiados en España trabajan en las grandes obras del mundo, tanto en empresas españolas como en las de otros países. Eso no sucede en ninguna otra profesión, ni en ningún otro país y ha sido así desde hace más de tres décadas”.



3.4.2 EMPRESAS CONSTRUCTORAS Y DE INGENIERÍA ESPAÑOLAS

La relación entre el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria - y, en general, entre el desarrollo de las infraestructuras del transporte en las últimas décadas -, y el crecimiento y madurez de un sector privado de empresas tanto en la ingeniería como también en la construcción y la industria especializada, ha sido una relación de sinergia y claro reforzamiento mutuo.

Los altos niveles de inversión pública en infraestructuras de transporte y, específicamente en alta velocidad, han permitido a muchas empresas preexistentes y nuevas adquirir experiencia y conocimientos, capitalizarse financieramente, y crecer dentro y fuera de España. El resultado es un potente tejido industrial ferroviario, muy avanzando tecnológicamente y con visión de largo plazo. **Recíprocamente, este tejido industrial más competitivo y moderno ha redundado en la eficiencia de la construcción y el mantenimiento de la red** que se aborda en este estudio.



Empresas constructoras

Desde hace tres décadas las empresas constructoras de grandes infraestructuras españolas con una alta capacitación técnica, financiera y de organización han expandido su negocio con gran éxito y, a menudo, ganan concursos internacionales para hacerse con obras de envergadura.

El proceso de internacionalización de las empresas españolas lleva un largo recorrido, desde su presencia histórica en geografías como Latinoamérica o Norte de África y su más reciente consolidación en mercados de gran competencia como Oriente Medio, India, Australia, Estados Unidos o Canadá. Actualmente, más del 80% de la cartera de las grandes constructoras españolas está constituido en el extranjero, en unos 100 países.⁵³

Los medios internacionales se hacen eco del éxito español fuera de sus fronteras. **A nivel de constructoras, según el último informe de las 100 compañías de construcción más grandes del mundo elaborado por Deloitte⁵⁴, España sitúa a 7 empresas dentro de dicho ranking**

– 4 entre las 50 mayores-, alcanzando los 75.096 millones de dólares de facturación en conjunto (ACS, Acciona, FCC, Ferrovial, Sacyr, OHLA y Grupo San José) y ocupando el sexto lugar a nivel de países, por detrás de China, Japón, EE. UU., Francia y Corea del Sur.

Ranking empresas constructoras españolas

Ranking 2022	Empresa	Ingresos (millones USD)	% 2022/2021
12	ACS	35.412	7,5%
33	ACCIONA	12.863	34,2%
43	FCC	8.118	3,0%
46	FERROVIAL	7.954	-0,8%
53	SACYR	6.165	11,5%
79	OHL	3.434	4,4%
98	GRUPO EMPRESARIAL SAN JOSE	1.150	4,8%

Fuente: Global Powers of Construction 2022 elaborado por Deloitte

Otro ranking frecuentemente citado es el del *Public Works Financing*⁵⁵, según el cual tres de los cinco mayores grupos concesionales del mundo en el ámbito de infraestructuras de transporte son españoles (Abertis, Sacyr y ACS) por número de proyectos.

Ingenierías

A nivel comparativo, el peso de las empresas de ingeniería españolas es diferente al de las del modelo anglosajón. **Mientras que, en el caso español, el peso tecnológico y de ingeniería de un proyecto recae tanto en las empresas de ingeniería puras como en la Administración Pública y en las constructoras, en el modelo anglosajón, las ingenierías del sector privado asumen casi en exclusiva esta función.** De esta manera, en el modelo español es más frecuente encontrar expertos técnicos tanto en la Administración como en el sector de la construcción de obra civil.

Todo ello no implica un papel subordinando o degradado de la ingeniería española. Al contrario, el sector de la ingeniería española desempeña un papel fundamental en la innovación

tecnológica y de éxito internacional. En España existen aproximadamente 1.500 empresas de ingeniería de las que unas 100 son grandes o medianas (que emplean a la mayoría de los técnicos que trabajan en el sector), muchas de estas empresas de mayor dimensión, y algunas de las de menor dimensión están fuertemente internacionalizadas.

Así, **en la prestigiosa revista americana Engineering News Record (ENR) ha situado a ocho firmas españolas en el top 225 de su ranking de ingenierías por nivel de ingresos generados fuera del mercado doméstico**⁵⁶ entre las que se encontraba Ineco, junto con las otras grandes del sector.

Además, el sector de la ingeniería española cuenta con gran capacidad de innovación. Prueba de este avanzado desarrollo tecnológico es **la participación de compañías españolas en numerosos proyectos desarrollados bajo el paraguas europeo Shift2Rail, trabajando en la mejora de la calidad del ferrocarril del futuro.**

A causa de ello, muchos de los proyectos de ingeniería del transporte más importantes de los últimos tiempos tienen, al menos, alguna participación española, destacando la participación en proyectos de alta velocidad entre los que el siguiente recuadro destaca algunos.



CASOS DE ÉXITO DE INGENIERÍAS ESPAÑOLAS EN ALTA VELOCIDAD EN EL MUNDO

Ineco-Corredor ferroviario de alta velocidad que atraviesa las zonas costeras y desérticas de Arabia Saudí entre La Meca y Medina

El contrato consiste en realizar las funciones de ingeniería y consultoría del proyecto que prevé transportar un volumen de 166.000 pasajeros al día en períodos punta, con la más moderna tecnología y el menor impacto medioambiental posible. La línea contará con 35 trenes con capacidad para más de 450 viajeros cada uno.

Ineco-Tren Maya que conectará las principales regiones de la Península de Yucatán: Campeche, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán

El contrato consiste en realizar las labores de operador en la sombra del Tren Maya mexicano, con unos 1 550 km de vía. El Operador Sombra será el encargado

de revisar la ingeniería básica de todo el proyecto, definiendo los requisitos de la operación y las especificaciones técnicas del material rodante y los sistemas ferroviarios, verificando que los requisitos de mantenimiento son coherentes con el enfoque del plan de operaciones.

Idom-Electrificación de la línea de alta velocidad Rail Báltica

El contrato consiste en la introducción e implantación exitosa del subsistema energético para toda la red de Rail Báltica, con unos 870 km de vías y 11 secciones de servicio.

Ayesa- Dirección y supervisión de todo el corredor ferroviario de velocidad alta para los habitantes de Delhi (India)

El contrato abarca desde fase de licitación y diseño, hasta la puesta en marcha y operación inicial, pasando por la inspección y las aprobaciones estatuarias.

Typsa-Construcción de túneles en la línea de alta velocidad HS2 Londres-Birmingham

El contrato consiste en la elaboración del proyecto básico, así como la construcción de los lotes S1 (Túneles de Euston y aproximaciones) y S2 (Túneles de Northolt). En total, la construcción de 24,4 km incluidos en Londres que permitan una velocidad máxima de diseño 320 km/hora.

Sener-Soporte especializado en ingeniería y gestión de la construcción HS2 Londres-Birmingham

El contrato consiste en el soporte especializado en ingeniería y gestión de la construcción, además de prestar asistencia en la preparación de la contratación de los principales paquetes de obra civil para el tramo de la ruta entre Londres y Birmingham. La línea propuesta entre Londres y Birmingham tendrá una longitud aproximada de 140 millas (225 km).

Industria ferroviaria española y de la alta velocidad

Más allá de las empresas constructoras y de ingeniería, la alta velocidad soporta un amplio y diverso tejido industrial y económico. Según Adif, en España existen más de 600 empresas con participación en el desarrollo de la red ferroviaria de las que unas 220 empresas están enfocadas, exclusiva o predominantemente, en el ámbito ferroviario. Es destacable que el 75% de estas empresas son PYMES, un hecho favorecido por la estrategia de gestión y contratación de Adif, que impide una excesiva concentración de la tecnología y la actividad y abre los beneficios del desarrollo de la alta velocidad española a una gama más amplia de empresas.

Este sector está integrado por consultorías y empresas de ingeniería de gran prestigio y ámbito de actividad internacional; empresas constructoras, entre las que están todas las grandes constructoras de obra civil española y un significativo número de empresas de menor dimensión, más especializadas o de ámbito territorial. Además, hay un amplio



espectro de empresas de especialidades como componentes, mantenimiento, equipos, vía, etc⁵⁷.

El sector español ha acumulado una gran experiencia en diseño, construcción gestión de grandes proyectos de ferrocarril de alta velocidad y en la gestión de los servicios ferroviarios

y sistemas de integración, por lo que el sector, muchas veces en colaboración con Ineco o con el propio administrador Adif, ha podido crecer y expandirse por el mundo.

Cada vez, más empresas españolas de forma aislada o en consorcios participan en proyectos emblemáticos internacionales. España exporta ingeniería civil, consultoría, señalización de infraestructuras de alta velocidad, tecnología de las comunicaciones, gestión de tráfico, etc.

Las empresas españolas están hoy claramente en el grupo de cabeza en conocimiento, experiencia y tecnología. Esta posición de liderazgo es fruto del trabajo de años y la apuesta por la especialización, la inversión en I+D y la excelencia en el servicio. Además, todos los grandes grupos internacionales tienen en España centros de vanguardia y excelencia de referencia mundial, lo que les permite innovar, fabricar y exportar desde España a todo el mundo.

3.5

Incorporación y desarrollo de tecnología y experiencia de aprendizaje propias

El desarrollo de la alta velocidad en España ha tenido importancia en todo el país, provocando una evolución tecnológica y de eficiencia en todo el ámbito ferroviario de manera continua. Este desarrollo ha colaborado en la creación de la **Marca España**, donde la alta velocidad es una de las puntas de lanza.



Es importante destacar que, en el desarrollo de la red de Alta Velocidad Española, a diferencia de otros países, **ha pesado el concepto de equidad y desarrollo territorial**, frente a problemas de congestión o unión de centros productivos, sin descartar otras finalidades vinculadas a la movilidad, productividad, tecnología, crecimiento económico e integración europea.

3.5.1 LOS INICIOS DE LA ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA: MADRID-SEVILLA

La primera vez que se planteó la alta velocidad en España fue entre 1972 y 1975 y fue precisamente con el apoyo de Ineco. La ingeniería pública realizó un estudio de viabilidad para el establecimiento de una nueva línea ferroviaria de ancho internacional entre Madrid-Barcelona y Port – Bou, cuyo diseño de trazado se mantuvo, en buena parte, en la confección del anteproyecto de la línea en 1988 y en la construcción de esta.

Posteriormente, el Gobierno evolucionó hacia un objetivo mucho más ambicioso y se extendía



a todo el territorio la construcción de una nueva y moderna red ferroviaria que se integrara con la futura red de alta velocidad europea en la cual la tecnología y la innovación española jugarán un papel decisivo.

En 1986 se concibió la idea de una línea de alta velocidad con el proyecto del NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía), desarrollado entre el Ministerio, Renfe e Ineco, que acabaría siendo la primera línea de alta velocidad de España, Madrid-Sevilla (1992). Esta primera línea de alta velocidad se abordó con un hito de puesta en servicio muy claro e inamovible, la inauguración de la Exposición Universal ‘Sevilla 92’, lográndose cumplir el calendario previsto al ponerse en servicio comercial el 21 de abril, un día después de la inauguración de la Exposición. En consecuencia, se logró el reto de construir una infraestructura novedosa en tiempo récord y que constituyó la mayor obra de ingeniería ferroviaria de España hasta la fecha.

España fue el cuarto país del mundo en apostar por la alta velocidad (tras Japón con la línea Tokio-Osaka en 1964, Francia con la línea París-Lyon en 1981 y Alemania con la línea



Hannover-Wurzburg en 1991). Y lo hizo en tiempo récord. **Este colosal proyecto, una nueva línea de 471 km, en ancho europeo y diseñada para velocidades de 250 km/h**, pero apta hasta 300 km/h, se ejecutó en unos 5 años y ha sido utilizada por más de 100 millones de viajeros hasta la fecha.

Esta **primera línea de AV Madrid - Sevilla**, se comenzó a diseñar en ancho de 1.668 mm pero durante el desarrollo del mismo se cambió al entonces denominado ancho internacional, de 1.435 mm, diferente de los implementados en

el resto de la red nacional para lo que en este primer momento no había otro remedio que recurrir a modelos y tecnologías importadas.

Para la construcción de esta primera línea, hubo de salvarse la compleja orografía que conectaba la Meseta con Andalucía, tratando de evitar el colapso que sufría el paso por el Parque Natural de Despeñaperros, con desniveles de más de 500 m de altura. **El desarrollo de esta línea fue un trabajo de una magnitud muy superior a las anteriormente realizadas en la ingeniería**

de transportes en España, influyendo en la creación de la Marca España.

La dificultad en la construcción de esta línea fue enorme, desde la ausencia de normativa para la definición de parámetros y elementos hasta la ejecución en el denominado ancho internacional, diferente al implementado en el resto de la red. Estas dificultades supusieron muchas complicaciones, pero también **oportunidades en el desarrollo de tecnología y normativa propia**.

De este modo, se consiguió algo extraordinario: **construir una de las pocas líneas del mundo que se inauguró en la fecha prevista (21 de abril de 1992)**.

3.5.2 DESARROLLO DE TECNOLOGÍA PROPIA GRACIAS A LA EXTENSIÓN DE LA RED

Este afán de superar retos y el éxito de la línea Madrid- Sevilla, plantó las bases para el desarrollo posterior de una amplia red de alta velocidad integral, propia y, sobre todo, conectada con el resto de la red europea.

El reto que a finales de los años 90 plantea ampliar y construir una nueva red genera dos grandes oportunidades:

- Aprovechar en plazos cortos un **importante volumen de inversión**.
- Desarrollar **tecnología propia**, que genere riqueza perdurable no sólo a través de la que crea el propio sistema de transporte, sino a partir del liderazgo estratégico y de la capacidad de atesorar conocimiento exportable.

Así se inicia un cambio de paradigma basado en la capacidad de la ingeniería española para asumir un liderazgo histórico, independiente de otros modelos contrastados como son el francés y alemán.

En 1998 se afrontan varios documentos fundamentales para la definición de la alta velocidad en España, que toman como referencia experiencias en otros países, como el **Manual de Redacción de Proyectos**, que definía principalmente las funciones de la Dirección de los Proyectos y el contenido de los mismos, al que posteriormente seguiría el **Manual de**

Instrucciones y Recomendaciones Generales de 1999 y la Definición Tecnológica de vía de alta velocidad realizados ambos por Ineco-Tifsa y que sirvieron de punto de partida para la posterior creación y adaptación sucesiva hasta nuestros días de una extensa normativa de referencia ferroviaria.

La nueva red que surge posterior a la puesta en servicio de la línea Madrid-Sevilla se concibe a diferencia de otras administraciones con nuevas plataformas de vía doble aptas para velocidades en el entorno de los 350 km/h (Velocidad máxima de 403,7 km/h⁵⁸ y 385 km/h en túneles). Así se inició a planificación y el proyecto de la línea Madrid-Barcelona, con la necesidad de compatibilizar la explotación de esta con el resto de la Red en ancho ibérico. Esto obliga a un primer desarrollo tecnológico propio como es la **evolución de elementos de compatibilización de los dos anchos**.

Se crean los **cambiadores de ancho automático, que permiten a los trenes dotados de rodadura desplazable (la industria española de material rodante se adapta a esta necesidad y diseña los ejes de rodadura despla-**

zable para viajeros Talgo y CAF) cambiar el ancho en marcha en breve lapso y sin necesidad de parar. La industria de los cambiadores de ancho ha evolucionado notablemente en España desde los primeros instalados en la línea Madrid- Barcelona hasta nuestros días, donde se llegan a realizar casi 100 operaciones de cambio de ancho diarias. En otros casos **se diseñan vías con 3 carriles que permiten la circulación en ambos anchos sobre la misma vía** que, aunque no de alta velocidad permiten extender la red de altas prestaciones con una menor inversión.

Eliminar caminos críticos se convierte en un reto continuo, empezando por el suministro de materiales, en un entorno en que la producción y logística sufren el parón de la actividad de la ingeniería civil entre 1992 y 1996 y donde la diferencia de anchos añade dificultades desconocidas para otras administraciones.



Logística

La logística de la construcción de las nuevas líneas de alta velocidad modificó completamente los planteamientos tradicionales, donde los materiales destinados a la superestructura se transportaban mayoritariamente por ferrocarril, el ancho de vía era el mismo, y además estaban incluidos en los contratos de obra.

Adif asumió desde un primer momento la responsabilidad del resultado. Como muestra de dicha implicación y liderazgo, para optimizar tanto los plazos como la calidad de los materiales, **Adif gestiona directamente con el apoyo de Ineco la producción, calidad y el transporte de estos. Este liderazgo obedece a la necesidad de controlar uno de los principales caminos críticos del proyecto, con ventajas que superan el riesgo de posibles reclamaciones en caso de fallo de la cadena de suministro por parte de los adjudicatarios de las obras.** Se hace necesaria una labor de

planificación exquisita, buscando combinar ubicaciones y modos de transporte.

La mayoría de los materiales se transportan directamente por carretera hasta las bases de montaje, acopios o la propia traza, excepto los carriles y los aparatos de vía, que se transportan por ferrocarril hasta las bases de montaje con acceso a la red nacional en ancho ibérico y a la nueva red en ancho internacional. Estas bases, en su mayoría se han convertido en bases de mantenimiento, de tal forma que la dinamización económica que ha generado la construcción en el entorno se convierte en riqueza perdurable durante la explotación.



Desarrollo industrial y rendimiento

Todas estas necesidades impactan directamente en el tejido productivo, **incrementándose la producción de algunas fábricas o apareciendo nuevas, especializando personal tanto en el**

diseño como en la construcción, incrementando el parque de maquinaria, transporte, etc. de manera que se han podido alcanzar los rendimientos de suministro necesarios para la ejecución de varias líneas de alta velocidad en paralelo.

La **ejecución** de las líneas también implementa métodos propios adaptados a la casuística de nuestras líneas. **Se desarrollan y patentan métodos de construcción de vía que llegan a multiplicar por 5 el rendimiento de montaje de vía respecto a los utilizados en el Madrid-Sevilla.** Este incremento de rendimiento se debe principalmente al empleo de un pórtico de descarga de carril sobre las traviesas definitivas en lugar de emplear vía auxiliar, método desarrollado por TECSA, pasándose de montar unos 4.000 m semanales a unos 4.000 m diarios. También se **mejora el montaje de los aparatos de vía** de alta velocidad, que pasan de montarse con grúas pesadas a pequeños pórticos, que permiten optimizar medios, recursos, calidad, seguridad y por tanto costes de ejecución.



Seguridad

La cadena integral del proyecto, producción, logística, trasvase de materiales, construcción y puesta en servicio, en la que diferentes empresas y técnicas trabajan en paralelo pone el foco en un aspecto relevante y de importancia no desdeñable, **la seguridad**. Se hace necesaria una gestión única, imparcial y experta del tráfico ferroviario durante las obras, garantizando la llegada en tiempo y forma de los materiales a la obra, ordenando la ocupación de vía, regulando la circulación en obra con el escenario más productivo en cada momento.

Se crea así un sistema específico, se desarrolla una normativa propia, se implantan requisitos formativos para el personal implicado, etc. Todo ello liderado por equipos expertos de Adif e Ineco.



Túneles

En la construcción de los túneles se han empleado las metodologías más avanzadas que la técnica ofrecía en cada momento; incrementándose el uso de máquinas TBM de manera muy rápida: en las obras urbanas de forma generalizada, y en los túneles ferroviarios con longitudes superiores a 5-6 km.

Gracias al empleo de tuneladoras y a la experiencia en su uso, los rendimientos de ejecución de túneles han sido extraordinarios, llegando a producciones de túnel terminado superiores a 1.000 m por mes (túneles de La Cabrera⁵⁹ ubicado en la LAV Madrid-Valencia) y Sorbas⁶⁰ ubicado en la LAV Madrid-Almería).



Electrificación

Con la entrada en la alta velocidad, la electrificación pasó al **sistema 2 x 25 kV ca 50 Hz**. Los conductores tienen sección menor, las estructuras son más ligeras y por lo tanto más económicas **y se ha incrementado notablemente la distancia entre subestaciones, pudiendo hacer un mejor uso de la red pública de alta tensión.**

Tras la LAV Madrid-Sevilla, las empresas tecnológicas españolas adquirieron conocimiento para el desarrollo de una línea aérea de contacto de marca española, la **EAC-350**, que ha evolucionado en la **C-350**⁶¹, de diseño totalmente nacional.



Sistema ERTMS

España es un país pionero en la implantación del sistema **ERTMS**. En 2006 se puso en servicio el sistema en la línea Madrid-Lleida, segunda línea con ERTMS de toda Europa. Ello supuso todo un hito de modernización y digitalización de la red y la flota que ha permitido a las líneas de alta velocidad españolas estar a la vanguardia y ser un referente a nivel europeo del ferrocarril digital.

Tras esa primera línea, el avance de despliegue del sistema ERTMS no ha parado en España. Actualmente se han alcanzado más de 2.700 km equipados, lo que convierte a España en el país europeo con más kilómetros ERTMS.

España ha servido de campo de pruebas del sistema para toda Europa, demostrando la interoperabilidad del ERTMS, al contratar el equipamiento a diferentes tecnólogos, promoviendo la competencia, la independen-



Gestión y explotación

La gestión de redes es otro de los ámbitos en los que España destaca especialmente por su capacitación técnica y por los innovadores adelantos que garantizan una mayor seguridad y eficiencia. **Un claro ejemplo es el Sistema DaVinci⁶², uno de los más avanzados del mundo. Propiedad de Adif y desarrollado por Indra, es la herramienta de referencia para el control del tráfico ferroviario en la alta velocidad española.** Es adaptable a las redes convencionales y ya se ha implantado en varios países. Este desarrollo ha sido capaz de integrar en una única aplicación todos los sistemas que componen los elementos de un centro de regulación de tráfico.

Igualmente, en este tiempo se generaron innovaciones en el ámbito de la explotación ferroviaria, por ejemplo, para la LAV Madrid – Lleida se desarrolla un nuevo sistema de detección de caída de objetos, que actualmente se encuentra instalado en las líneas españolas.⁶³



En conclusión, en esta década de gran innovación - los años **2000** -, se construyen **casi 2.000 km** de líneas y se hace llegar la alta velocidad a ciudades como Barcelona, Toledo, Valladolid y Málaga y se conecta con Huesca mediante una vía de 3 hilos.

3.5.3 DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA ÚLTIMA DÉCADA

Entre **2010 y 2020** la Alta Velocidad Española llega a ciudades como Valencia, Alicante, León, Zamora y Figueres y se conecta con Castellón mediante una vía de 3 hilos, completándose **más de 1.500 km**.

En esta fase la empresa y la industria española siguen paralelas al crecimiento de la Red que, aunque con un ritmo menor que en años precedentes se alinea en avanzar en la mejora de la eficiencia, de los rendimientos constructivos, de la maquinaria utilizada y se incrementa la innovación y el desarrollo.

Se **avanza** en las **sujeciones de vía** empleadas, de mejor comportamiento y durabilidad, en las **soldaduras de carril**, en los **aparatos de vía**, utilizando materiales más sostenibles y eficientes, todo ello con tecnología propia y redundando en la mejora del mantenimiento posterior. Se **perfecciona la tecnología de cambiadores de ancho**, que permiten el paso cada vez a más velocidad y seguridad a través de un cambiador dual de patente española



Tria-Adif.⁶⁴ Esta tecnología ha despertado el interés en otras áreas geográficas con problemáticas similares como son los países del Este de Europa, entre ellos recientemente Ucrania.

Se implementa el **nivel II de ERTMS**, en el desarrollo del cual España se ha convertido en pionera, con numerosas ventajas, especialmente en términos de capacidad pieza clave en términos de liberalización.

Además, la Marca España empieza a exportar su modelo en nuevos países, especialmente la línea de alta velocidad La Meca – Medina, una línea de más de 450 km de trayecto y de **300 km/h** donde un consorcio mayoritariamente español ha diseñado y construido en un plazo de aproximadamente **6 años** tanto la superestructura, como los sistemas y el material rodante, todo ello en un entorno completamente nuevo.

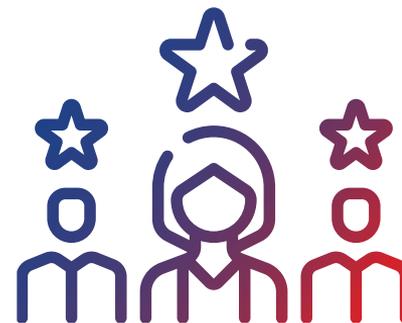
La experiencia en la electrificación ha dado paso a la evolución de la C-350 en otras tipologías de línea de contacto ligeras pero adaptadas a líneas convencionales, como la CA-200. Este tipo de electrificación en corriente alterna para

líneas convencionales se ha exportado a otros países como el caso de Israel.

Todas estas mejoras se han implementado en el diseño y la construcción de las siguientes líneas que han permitido acceder en alta velocidad a ciudades como León, Burgos, Cádiz y próximamente a Asturias, Murcia y Extremadura.

Como conclusión de esta narrativa cronológica de la generación de innovaciones y la adquisición de experiencia en la alta velocidad española cabe citar que la historia reciente del ferrocarril en España resumida en este documento pone de manifiesto como, **partiendo del “vagón de cola”, la ingeniería y el “ingenio” español han sido capaces de construir, en un tiempo récord, una de las mejores redes de alta velocidad del mundo. Un conjunto de personas y organizaciones afrontaron, con confianza en sí mismos, los retos y obstáculos que surgen de la superación del cada obstáculo anterior. Se generó en la alta velocidad española un episodio de implicación y compromiso, que hizo posible a empresas, administraciones y personas alinear sus diferentes intereses en aras de un objetivo común.**

Más allá de los éxitos alcanzados, la cultura, el conocimiento, la confianza, la ambición y la responsabilidad son atributos asentados en el sector y que le permiten adaptarse a diferentes circunstancias futuras, continuar compartiendo y exportando tecnología y, sobre todo, avanzar como individuos y como sociedad.



EL CASO DE HS2 EN CONTRASTE CON LA EXPERIENCIA DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA EN ESPAÑA



El programa HS2, concebido para crear una red de alta velocidad ferroviaria en forma de Y, incrementando la capacidad ferroviaria y conectando, en su planteamiento inicial, las principales ciudades de

Inglaterra (Londres con Birmingham, Manchester, Sheffield y Leeds), se encuentra en avanzado estado de construcción en su denominada Fase 1 entre Londres y Birmingham, pero acumula significativos retrasos en su Fase 2 (Birmingham a Manchester, Sheffield y Leeds), de la que sólo una subfase (2A, entre Birmingham y Crewe) ha concluido la tramitación parlamentaria y tiene próximas a comenzar sus obras preliminares (Enabling Works y Environmental Works). La otra subfase (2B), tiene en curso su tramitación parlamentaria para la rama de acceso a Manchester, y en fase de redefinición completa su rama este.

La gran desviación en coste y plazo sufrida por el proyecto han motivado sucesivas reducciones de su alcance, empezando por el recorte de la rama este en 2020 con motivo de la publica-

ción del Oakervee Reporty el Integrated Rail Plan, después retrasando el programa para el acceso a Londres entre Old Oak Common y Euston, y finalmente suspendiendo la totalidad de la Fase 2, anunciada por el Primer Ministro en la Convención del Partido Conservador

Parte de los motivos por los que los costes de HS2 resultan muy superiores a los de otros países como España son conocidos y afectan a otros proyectos de construcción no ferroviarios en Reino Unido: elevado coste de la mano de obra de ingeniería y construcción, y elevada densidad de población acompañada de urbanismo disperso (lo que eleva significativamente los costes de expropiación y desvío de servicios).

Existen, sin embargo, otras singularidades que han condicionado la viabilidad de HS2:

Diferencias en la fase de definición estratégica

El programa HS2 tiene importantes diferencias en su concepción estratégica comparado con el programa español.

El más importante es que HS2 nace como actuación de incremento significativo de capacidad y conectividad ferroviaria en unos ejes que ya operaban a plena capacidad (y con velocidades en el entorno de 200 km/h en muchos casos), siendo su carácter de alta velocidad ferroviaria un factor secundario, frente a la voluntad de vertebración territorial mediante significativos recortes en los tiempos de viaje sobre el que se articula el desarrollo del programa español. Diversos estudios estratégicos determinaron que una línea de nueva planta ("Greenfield Project") y de alta velocidad resultaba ventajosa frente a

otras actuaciones de mejora de la red existente, con costes e implicaciones también relevantes y menores prestaciones, discusión que también tuvo lugar en España a la conclusión de la línea Madrid – Sevilla y que también se decantó por la alta velocidad de nueva planta, aunque por diferentes motivos.

En el caso de Reino Unido, la posibilidad de vuelta a actuaciones de incremento de capacidad en la red clásica siempre ha estado presente (HS2 Strategic Alternatives. Final Report. DfT. October 2013, y versiones posteriores).

Esto siempre ha constituido una amenaza para el proyecto, que no se ve respaldado por el consenso político que en las últimas décadas ha tenido el programa de alta velocidad ferroviaria en España.

Complejidad de la fase de planificación

La singularidad del contexto legal y la gobernanza en la construcción de grandes infraestructuras de transporte en Reino Unido, particularmente en Inglaterra y Gales, hacen del desarrollo de toda la fase conceptual y de planificación un proceso complejo, que arraiga en el marco legal anglosajón que limita enormemente los poderes del gobierno sobre los derechos de los individuos y la propiedad privada, de tal forma que, un proyecto de nueva planta que requiere expropiaciones y afectaciones significativas, sólo puede ejecutarse dando poderes al órgano promotor a través de legislación primaria, esto es, a través de un trámite parlamentario que, incluso con consenso político entre los partidos, se ve influenciado por el carácter de único representante de su

circunscripción de cada parlamentario, lo que en ocasiones condiciona su postura tanto o más que la disciplina de partido.

Así, el diseño conceptual y preliminar del proyecto, incluidos sus estudios de impacto ambiental, se desarrollan considerando el futuro escrutinio, en ocasiones muy duro, de la comisión parlamentaria (Select Committee), lo que hace que incluso pequeñas decisiones técnicas se tengan que tomar y documentar de una manera muy detallada y exhaustiva, sujetas a procedimientos muy rígidos, lo que eleva significativamente los costes ya en la fase de planificación y diseño preliminar.

Además, el mencionado carácter de representante único por cada circunscripción de los miembros del parlamen-

to da una gran capacidad de influencia a las comunidades locales, lo que suele añadir al proyecto elementos añadidos en forma de soluciones técnicas más costosas o paquetes de compensación.

Todo ello impone costes de ingeniería y duraciones varios órdenes de magnitud superiores al caso español en esta fase, que para HS2 se ha multiplicado al haberse lanzado o planificado hasta cuatro procesos de tramitación parlamentaria (Hybrid Bills de Fase 1, Fase 2a, Fase 2b-Oeste y la no iniciada Fase 2b-Este).

Ineco da soporte a HS2 en estos procesos desde 2012, tanto en Fase 1 como en Fase 2, adaptando las metodologías de la ingeniería ferroviaria española, basadas en la agilidad respaldada por el conocimiento experto, al rigor de los procesos formales destinados al trámite parlamentario.

Rigidez y exhaustividad de la fase de diseño

La ingeniería británica se caracteriza por un gran nivel de detalle en la fase pre-constructiva, con mucho rigor en los procesos de *Technical Assurance*, los cuales van más allá del concepto clásico de aseguramiento de la calidad, e inciden más en el desarrollo de evidencia documental que soporte el cumplimiento de conceptos habituales en su contexto legal y contractual, como *standard of care*, *standard skill and expertise*, etc. Estos procesos suelen estar impuestos más por los departamentos legales y e incluso los contratos de seguros que por necesidad de calidad en el diseño, y en el caso de HS2 han llegado a imponer que más de dos tercios del tiempo y los recursos de los programas de diseño los consuman

estos procesos más que el esfuerzo dedicado a diseño e ingeniería de valor.

Esto implica que cambios en el diseño, incluso de aspectos no primarios del mismo, supongan inversiones de tiempo y recursos muy superiores al caso español y, además, desincentivan la implicación de las constructoras en el refinamiento del diseño debido al impacto en el programa y a las responsabilidades añadidas, contrastando con el caso español donde han aportado significativas eficiencias. HS2 fue consciente de ello en la licitación de los contratos de obra civil de la Fase 1, y desarrolló fórmulas para estimular esta implicación (*Early Contractor Engagement*), que sin embargo no han producido los resultados esperados dada la rigidez de los límites impuestos por los poderes y límites de la Hybrid Bill.

A pesar de ello, Ineco ha conseguido aportar significativas mejoras en tramos donde ha intervenido, basadas en el enfoque ágil e intuitivo soportado por el conocimiento experto habitual en la ingeniería española, como la premiada propuesta de la *Delta Junction* en Fase 1, consistente en la optimización del trazado y las estructuras del nudo ferroviario de acceso a Birmingham.

Requerimientos excepcionales de excelencia; el programa como vector de políticas de país

Más allá de su principal misión como potenciador de la capacidad ferroviaria, los organismos promotores de HS2 decidieron convertirlo en un vector de excelencia y de despliegue de múltiples políticas de país.

Así, HS2 se fijó estándares en materia de seguridad y salud muy superiores a los ya de por sí exigentes requerimientos de la industria de la construcción británica, y es en efecto un proyecto ejemplar en el mundo en este sentido (una sola fatalidad registrada en cuatro años de obra en todo Fase 1). Esto afecta no sólo a equipos y medidas de seguridad, sino a procedimientos, personal, etc., con su correspondiente impacto en costes.

HS2 también se ha fijado como meta el patrocinio de programas destinados a incrementar la cualificación profesional de los trabajadores a nivel nacional, particularmente graduados y aprendices.

Asimismo, ha establecido como meta en sus trabajos alcanzar el carácter de *Biodiversity Net Positive*, esto es,

desarrollar medidas compensatorias que hagan que el proyecto no sólo no tenga un efecto negativo en biodiversidad sino que el balance sea positivo, y ha fijado en 2030 la fecha en la que se debe cumplir el Net Zero (cero emisiones netas) en todos los trabajos de la línea.

El proyecto ha visto así cómo se le añadían requerimientos por encima del estándar de la industria, lo que le pone en desventaja cuando se le compara con actuaciones en la red convencional.

Recursos

Un aspecto que ha impactado particularmente en los costes de HS2 ha sido el efecto distorsionador que ha tenido en el mercado su elevada demanda de recursos cualificados. La falta de experiencia en alta velocidad ferroviaria

ha atraído a empresas expertas de otros países, como es el caso de Ineco en el ámbito de la ingeniería, y varias grandes constructoras españolas, pero ha distorsionado el mercado en todos sus ámbitos, desde los costes laborales a los costes de otros insumos, incluso el mercado de seguros.

En este caso, también la experiencia española y el enfoque adaptado a la realidad del mercado de Adif (y en gran medida, también de su precursor, GIF), han resultado más eficientes. Al inicio del despegue del programa, usando el conocimiento experto de empresas como Ineco como coordinador y autor de varios proyectos críticos, y dividiendo los paquetes de diseño -y posteriormente de obra-, en tamaños adaptados a la realidad del mercado de cada momento, ha permitido que el nivel de cualificación ferroviaria del

sector creciera de forma gradual, hasta conseguir uno de los mercados de ingeniería y construcción con mayor experiencia de mundo.

Por otra parte, HS2 no ha apostado por diseños propios, accesibles para todos los contratistas, de elementos clave con gran influencia en el coste, como es el caso de traviesas o tipo de catenaria, lo que contrasta con la estrategia de Adif, que ha estandarizado multitud de componentes y sistemas, reduciendo su coste.

Requerimientos

Finalmente, un factor de éxito de la experiencia española, que no se ha visto reflejado en el planteamiento de HS2, es la definición temprana de requerimientos y especificaciones técnicas.

El esfuerzo iniciado por el GIF y culminado por Adif, también con la colaboración de Ineco, en la definición detallada de todo tipo de especificaciones técnicas (desde normas NAV de vía, NAP de plataforma) desde una etapa muy temprana, ha permitido múltiples eficiencias, al poder concentrar los recursos en el diseño más que en la discusión de los requerimientos y especificaciones que, en el caso de HS2, han supuesto un esfuerzo adicional.

04

CONCLUSIONES

El ferrocarril como **transporte sostenible gana relevancia en el mundo en los últimos años** y, dentro de este, la alta velocidad en distancias medias.

Hay un resurgir de esta modalidad y España puede desempeñar un papel muy importante, incluso de liderazgo en su desarrollo.



Este informe viene a confirmar, en primer lugar, un resultado que ya aparecía en varias referencias anteriores revisadas: **España es muy eficiente en la producción de infraestructura de alta velocidad. Es, en realidad, el país más eficiente en la producción de esta infraestructura entre los casos comparables.**

Este resultado se avala, como se hace en este estudio, a partir de la base de datos de *Transit Costs Project* de *Marron Institute* de la Universidad de Nueva York que es, quizás, la más completa y homogénea hasta la fecha y, por tanto, la mejor para extraer estas conclusiones.

Este estudio, además, amplía la perspectiva tradicional de la construcción para abarcar todo el ciclo de vida de la infraestructura e incluir los costes de operación y mantenimiento. Aunque la información sobre esta materia es menos completa, el análisis realizado permite concluir que **la ventaja en eficiencia de España se mantiene e, incluso, podría reforzarse con esta perspectiva de ciclo de vida.**



En segundo lugar, el informe ahonda en las causas, combinando enfoque teórico, con análisis empírico, y experiencias de éxito narradas por muchos de sus protagonistas. **Se plantea una justificación coherente e integral, que abarca tanto ventajas técnicas, de costes como aprovechamientos de economías de escala, con factores tecnológicos, institucionales, culturales y/o políticos.**

El conjunto de estas causas permite hablar, en cierto sentido, de un modelo español de

desarrollo de la alta velocidad basado en un amplio **consenso social y político; un marco institucional** adecuado con un Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana que da al ferrocarril una prioridad destacada, un **administrador de red (Adif)** potente, joven, técnicamente solvente y comprometido, apoyado por una **ingeniería pública dotada de un gran talento humano y de excelencia internacional, Ineco.**

El diseño de una **estrategia de desarrollo basada en múltiples contratos de dimensión ajustada y basado en estándares aprobados por el administrador** que permite equilibrar las ventajas de la escala con la preservación de un ecosistema de empresas competitivo y múltiple; una **gestión de contratos flexible y equilibrada** sin inclinar excesivamente el peso de las actuaciones en la fase de diseño, de forma que los estudios previos no se eternicen y se puedan resolver problemas e imprevistos de forma ágil; un **sector privado competitivo y dinámico**, integrado por un amplio número de empresas de consultoría e ingeniería, constructoras especializadas y fabricantes pero todos ellos con alta cualificación capaces de articular, patentar y exportar **innovaciones tecnológicas**; y sobre todo, en la generación de una **cultura española de la alta velocidad** que se concreta en un compromiso con el proyecto y un orgullo de participación que reduce los conflictos y agiliza las soluciones.

No es que el ferrocarril español no tenga aspectos de mejora como son la planificación, superar una estructura excesivamente radial, incrementar los usuarios, aumentar las mercan-

cías en la red, o completar la liberalización, entre otros aspectos que se están abordando. Pero **el modelo de desarrollo de la red española de alta velocidad ha sido - y está siendo - un claro caso de éxito.**

Un éxito del que pueden congratularse los sucesivos gobiernos, el Ministerio de Transportes, las entidades públicas como Adif e Ineco, las empresas constructoras, ingenierías, el sector industrial, el sistema formativo en todos sus niveles, los técnicos y personas involucradas, y la sociedad española en su conjunto.

Ahora bien, el propósito de este informe no es de homenaje, sino de análisis prospectivo. En ese sentido, **dos cuestiones clave son si el modelo que ha funcionado en el pasado puede mantenerse en el futuro y, por otra parte, si el modelo español puede generalizarse, replicarse o exportarse a otros lugares.**

El modelo español ya está evolucionando y debe evolucionar para poner en valor sus ventajas de flexibilidad y agilidad en un entorno internacional más complejo y competitivo. Eso supone integrar la tradicional implicación de

los agentes y gestión de contratos propios del modelo español con las exigencias de transparencia, desarrollo tecnológico, seguridad jurídica, rendición de cuentas y rigor propios de una actividad grande e internacionalizada que opera en escenarios con diferentes culturas.

El sector español de la alta velocidad, en todos sus niveles está claramente capacitado para tener éxito en la expansión de la alta velocidad en el mundo. Es importante dar a conocer cuál ha sido la experiencia española de alta velocidad y cuáles son las capacidades que la sustentan.



BASE DE DATOS

- Transit Costs Project | Marron Institute.

BIBLIOGRAFÍA

- Adif/Adif alta velocidad (2022). 30 años de alta velocidad en España
- Adif (2023). Informe de gestión 2022
- Adif alta velocidad (2023). Informe de gestión 2022
- Airef (2020). Evaluación del gasto público 2019. Estudio Infraestructuras de Transporte
- Ashish, T. y Sonia, M. (2023). Bullet train market. Opportunities and forecast, 2021-2031. Allied Market Research
- Atkins (2013). HS2 Strategic Alternatives. Final Report.
- Campos, J., de Rus, G. y Barrón, I. (2012). El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica. Fundación BBVA
- Comisión Europea (2018). Assessment of unit costs (standard prices) of rail projects (CAPital Expenditure)
- Comisión Europea/PRIME (2022). 2021 PRIME Benchmarking report
- Cour des Comptes (2014). La grande vitesse ferroviaire: un modèle porté au-delà de sa pertinence
- Deloitte (2023). Global Powers of construction 2022
- Esteras, M.J. (2017). Evolución y comparación de la dotación de infraestructuras y de la demanda de transporte terrestre en España y los principales países de la UE. Revista de Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos, ISSN 0034-8619, N°. 3617, 2020, págs. 52-67
- Flyvbjerg, B. y Gardner, D. (2023). How Big Things Get Done: The Surprising Factors That Determine the Fate of Every Project, from Home Renovations to Space Exploration and Everything In Between. Crown Currency
- Forte-Campos, V. y Rojas, R. (2021). Evolución histórica de los fondos estructurales y de inversión europeos. Banco de España. Artículos analíticos 3/2021, Boletín Económico
- Fundación Caja de Ingenieros (2022). Observatorio de la Ingeniería en España 2022
- Fundación de los Ferrocarriles Españoles (2022). Observatorio del Ferrocarril en España. Informe 2021
- Ineco (2017). 25 años de la alta velocidad española. Revista Itransporte - Febrero, 2017
- MAFEX (2017). Caracterización y presencia internacional de sus socios
- MAFEX (2023) Industria ferroviaria española: empresas pioneras preparadas para los nuevos retos. Revista corporativa de Mafex. Número 35. Mayo 2023
- Ministerio de Fomento (2014). Informe de la comisión técnico-científica para el estudio de mejoras en el sector ferroviario.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023). Anuario estadístico 2020
- Oakervee, D. (2019). Oakervee Review of HS2. Department for Transport and High Speed Two (HS2) Limited
- OECD/ITF (2014). The Economics of Investment in High-Speed Rail. International Transport Forum. Discussion Paper 2013-30
- PWC (2016). High speed rail international benchmarking study
- SEOPAN (2015). Contribución de las infraestructuras al desarrollo económico y social de España
- TECNIBERIA (2023). 2022 Memoria anual Tecniberia. La voz de la consultoría de ingeniería española
- Tribunal de cuentas (2016). Informe de fiscalización de la actividad de las sociedades públicas de integración del ferrocarril participadas por Adif-alta velocidad, a 31 de diciembre de 2016
- Tribunal de cuentas europeo (2018). Red ferroviaria europea de alta velocidad: no una realidad, sino un sistema fragmentado e ineficaz
- UIC (2015). High speed rail. Fast track to sustainable mobility
- UIC (2022). Atlas High-Speed Rail 2022
- UIC (2023). 11th UIC High-Speed Rail congress. Key messages
- UNECE (2021). Trans-european railway high-speed. Master plan study. A general background to support further required studies. Phase 2
- WEF (2017). The Global Competitiveness Report 2017-2018

DIRECTOR DEL PROYECTO

Vázquez Torrón, Sergio

AUTOR PRINCIPAL

Anibarro García, Javier

COAUTORES

Cobos Sánchez, Carlos

González Caballero, Javier

Hungría Rodríguez, Juan

COLABORADORES PRINCIPALES

Álvarez Rodríguez, Montserrat

Blas Gómez, Juan

Casado Muñoz, Silvia

Gilaberte Fernández, Moisés

COLABORADORES

Blanco Pajares, Angel

Bodelón Alonso, Magdalena

Bueso Delgado, Manuel

Carabaño Aguado, Javier

Cubillo Rubiato, Carlos

de la Hoz Alcalde, María Luisa

Delgado Quiralte, Cristina

Díaz Martín, Silvia

Domínguez Fernández, Silvia

Ferreiro Casal, Mario

Gallego de la Sacristana Corrales, Rafael

González Gómez, Carlos

González Ortego, José Luis

Guerrero Menéndez, Francisco Javier

Lillo Polaina, Pedro

Martínez Sánchez, Diego

Méndez Martínez, Emilia

Milanes de la Loma, Alberto

Pérez Senderos, Rodrigo

Puente Sánchez, Elena

Ramos Trujillo, Pablo

Raul Míguez Bailo

Renedo Guadilla, Manuel

Rey Romero, Patricia

Rincón Vaca, Jorge

Rojo Calderón, Ana Isabel

Sanz Pecharroman, Carolina

Sanz Rubio, Alberto

Zurita Benedicto, Concepción

NOTAS

- 1 <https://uic.org/passenger/highspeed/>
- 2 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>
- 3 <https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=37195>
- 4 <https://www.alliedmarketresearch.com/high-speed-rail-market-A08779>
- 5 https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADDocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_ES.pdf
- 6 <https://fedea.net/infraestructuras-ferroviarias-de-alta-velocidad/>
- 7 <https://www.tcu.es/es/sala-de-prensa/noticias/El-Tribunal-de-Cuentas-aprueba-el-Informe-de-fiscalizacion-de-la-actividad-de-las-Sociedades-Publicas-de-Integracion-del-Ferrocarril-participadas-por-ADIF-Alta-Velocidad-a-31-de-diciembre-de-2016>
- 8 <https://www.bbc.com/news/business-66905316>
- 9 Transit Costs Project. NYU Marron Institute. La base de datos solo caracteriza a los proyectos por su velocidad máxima de diseño y su % de túneles y viaductos, pero no por otros atributos relevantes en el coste de construcción, como si la línea es de vía simple o doble o si la plataforma es de nueva construcción. Incluye también proyectos en construcción.
<https://transitcosts.com/high-speed-rail/>
- 10 La base de datos ofrece el coste/km en dólares estadounidenses (USD) ajustados por paridad de poder adquisitivo (PPA) del año medio de construcción de cada línea. Para este informe se han transformado estos USD ajustados por PPA en euros del año 2022. Para ello, primero se han inflacionado los datos a USD del año 2022 de acuerdo con el Consumer Price Index publicado por el Bureau of Labor Statistics de EE. UU.
<https://www.bls.gov/cpi/>

A continuación, se han transformado estos USD del año 2022 en términos de PPA a euros del año 2022, dividiendo por el ratio de PPA promedio de la eurozona en el año 2022 recogido por la OCDE, de 1,46. En cualquier caso, la elección de uno u otro ratio no desvirtuaría la comparación realizada.

<https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>

11 Evaluación del gasto público 2019. Estudio Infraestructuras de Transporte. Si se incluyen los tramos singulares, con estándares de diseño inferiores, el promedio ponderado desciende hasta los 13,8 M€/km.
<https://www.airef.es/es/estudios/estudio-infraestructuras-transporte/>

12 A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork. Los promedios ponderados se han calculado a partir de los datos mostrados en el informe, expresados en términos nominales. El propio informe recoge como promedio 25 M€/km (sin tener en cuenta los proyectos de túneles más caros).
https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADDocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf

13 Trans-European Railway High-Speed. Master Plan Study.
https://unece.org/sites/default/files/2022-07/2017852_E_web_light%2Bc1.pdf

14 Assessment of unit cost (standard prices) of rail projects (CAPital EXPenditure).
https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/reports/2018/assessment-of-unit-costs-standard-prices-of-rail-projects-capital-expenditure

15 High speed rail. Fast track to sustainable mobility.
https://uic.org/IMG/pdf/high_speed_brochure.pdf

16 El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica.
<https://www.fbbva.es/publicaciones/el-transporte-ferroviario-de-alta-velocidad-una-vision-economica-3/>

17 High speed rail international benchmarking study, HS2 Phase Two.
<https://www.gov.uk/government/publications/high-speed-rail-international-benchmarking-study>

18 *La grande vitesse ferroviaire: un modèle porté Au-delà de sa pertinence*. El informe también afirma que las nuevas líneas de alta velocidad francesas han tendido a aumentar con el tiempo. De hecho, recoge que, en esa fecha (2014), el coste de las nuevas líneas rondaría los 20-26 M€.
https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/20141023_rapport_grande_vitesse_ferroviaire.pdf

19 Adif AV. Informe de gestión 2022.
https://www.adifaltavelocidad.es/documents/34745/10774271/2022_EINF_ADIF_AV_ESP.pdf/62c72cc7-7787-183a-97e5-7176546914c5?t=1681732075136

20 Adif. informe de gestión 2022.
https://www.adif.es/documents/20124/10261358/2022_EINF_ADIF.pdf/007232ae-c2bf-895f-1f4b-7440270bc6b0?t=1681731178708

- 21 2021 Benchmarking report.
<https://wikis.ec.europa.eu/display/primeinfrastructure/Prime+Infraestructure+Homepage?preview=/44167372/93979322/PRIME%20External%20Report%202021.pdf>
- 22 El desglose de estos gastos no es equivalente al que hace ADIF y, por tanto, la comparación no es directa. Sin embargo, si se descarta la partida de "Otros gastos de operación" que aparece en el informe, el coste de operación saldría ligeramente por debajo de los 70 mil euros/km, en línea con el promedio ponderado calculado anteriormente, de 68,4.
- 23 Esta tabla recoge los datos de la base de proyectos analizados de Transit, no de la red de cada país que en España actualmente está alrededor de los 4.000 kilómetros.
- 24 Cabe mencionar que ambos tramos son singulares. El Venta de Baños-León está construido en vía simple (aunque sobre plataforma doble), mientras que la Y vasca es una línea en construcción y con una orografía especialmente complicada, con un 71% de su trazado formado por túneles o viaductos. Descartando estos proyectos, el coste más bajo correspondería a la línea Madrid-Sevilla, con 10,2 M€2022, y los más altos al tramo Barcelona-Figueras, con 29,2 M€2022 y su continuación Figueras-Perpignan, compartido con Francia, con 29,8 M€2022.
- 25 El coste de una línea aumenta proporcionalmente, incluso exponencialmente, con la velocidad de diseño, y la infraestructura de muy alta velocidad (>300 km/h) es particularmente costosa (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018).
- 26 La muestra podría tender a recoger, en otros países, proyectos especiales con gran porcentaje de obras singulares.
- 27 World Economic Forum (2017). The Global Competitiveness Report 2017–2018.
<https://www.weforum.org/publications/the-global-competitiveness-report-2017-2018>
- 28 Este promedio está influido por la línea Stuttgart-Múnich, que acumula un sobrecoste del 622%. Si se descarta este valor extremo, el promedio del resto de países se encontraría en el 43%, superior al observado en España.
- 29 International Transport Forum (OECD) <https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=79949>
- 30 High speed lines in the world. UIC (2022).
https://uic.org/IMG/pdf/20231001_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 31 La UIC, referencia importante en alta velocidad, ha identificado una serie de elementos clave para la reducción de costes que están muy alineados (aunque no son iguales) que los seguidos aquí:
https://uic.org/IMG/pdf/high_speed_brochure.pdf.
- 32 La importancia creciente de este tipo de factores más allá de la estricta ingeniería de procesos ha sido destacada recientemente en numerosos estudios y experiencias. Una presentación actualizada y completa de estos factores (con gran evidencia basada en experiencias) puede encontrarse en: Bent Flyvbjerg y Dan Gardner (2023). How Big Things Get Done: The Surprising Factors That Determine the Fate of Every Project, from Home Renovations to Space Exploration and Everything In Between.
- 33 Airef (2020). Evaluación del gasto público 2019. Estudio Infraestructuras de Transporte. Anexo 3.
<https://www.airef.es/wp-content/uploads/2020/07/INFRAESTRUCTURAS/Anexo-3.-An%C3%A1lisis-coste-beneficio-de-proyectos-ferroviarios-1%C3%ADneas-de-alta-velocidad-y-suburbanas.pdf>
- 34 Anuario estadístico | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (mitma.gob.es).
<https://www.mitma.gob.es/informacion-para-el-ciudadano/informacion-estadistica/anuario-estadisticas-de-sintesis-y-boletin/anuario-estadistico>
- 35 Banco de España.
- 36 Matías J. Esteras (2017). Evolución y comparación de la dotación de infraestructuras y de la demanda de transporte terrestre en España y los principales países de la UE.
<https://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/RE6132.pdf>
- 37 (2023) *Financial Times* "The Nimby tax on Britain and America NIMBY: Es el acrónimo del término inglés "Not In My BackYard" (No En Mi Patio) acuñado para referirse a una oposición de una comunidad al desarrollo de ciertas actuaciones en su entorno inmediato. No es una oposición ideológica o general a determinado tipo de actuaciones sino a que se desarrollen localmente. Sin embargo, la generalización de esta actitud en varios lugares puede tener el mismo o mayor efecto práctico que las oposiciones generalizadas o "por principios" a las actuaciones.
<https://www.ft.com/content/9aa0fcc0-31fb-44be-b5a0-57ceb7fb7a52>
- 38 Aproximadamente el 60% de las líneas de alta velocidad en servicio en España discurren por las comunidades de Castilla y León, Castilla-La Mancha y Aragón que son (junto con Extremadura) las comunidades de menor densidad de España.

39 Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX:32014L0024>

40 Para aumentar la competencia, la Directiva 2014/24/UE indica que procede animar a los poderes adjudicadores, en particular, a la división en lotes de grandes contratos. España recogió dicha intención en la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público.

41 Actualmente Ineco cuenta con más de 500 encargos con Adif y Adif AV

42 Airef (2020) "Evaluación del gasto público 2019"
<https://www.airef.es/es/estudios/estudio-infraestructuras-transporte/>

43 <https://www.adifaltavelocidad.es/financiacion-europea/periodos-2006-y-2007-2013>

44 Banco de España (2021). *Evolución histórica de los fondos estructurales y de inversión europeos*.
<https://repositorio.bde.es/handle/123456789/17032?mode=simple>

45 <http://www.observatorioingenieria.es/>

46 <https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/>

47 Directorio Central de Empresas (DIRCE)

48 <https://www.shanghairanking.com/>

49 <https://www.topuniversities.com/>

50 <https://www.adifaltavelocidad.es/-/lav-madrid-barcelona-frontera-historia>

51 <https://www.comillas.edu/postgrados/master-universitario-en-sistemas-ferroviarios/#plan>

52 <https://www.uc3m.es/master/ingenieria-sistemas-ferroviarios>

53 <https://www.eleconomista.es/infraestructuras-servicios/noticias/12292658/05/23/las-constructoras-refuerzan-su-cartera-en-el-exterior-un-45.html>

54 <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/energy-and-resources/articles/global-powers-of-construction.html>

55 <https://pwfinance.net/>

56 <https://www.enr.com/toplists/2023-Top-225-International-Design-Firms-Preview>

57 Una relación significativa, no necesariamente exhaustiva, de empresas del sector se puede encontrar, por ejemplo, en esta dirección: https://www.vialibre-ffe.com/emp_guiamp.asp?cs=emp

58 <https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=3095>

59 <https://www.fcoco.com/-/record-mundial-en-la-obra-del-tunel-de-la-cabrera-tramo-siete-aguas-bunol>

60 <https://www.fcoco.com/-/fcc-concluye-la-perforacion-del-tubo-ii-del-tunel-de-sorbas-en-la-provincia-de-almeria>

61 <https://www.adif.es/-/catenaria-c-350>

62 daVinci - Adif.
https://www.adif.es/w/davinci?redirect=%2F sobre-adif%2Fidi%2Fcatalogo-de-productos%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_delta%3D12%26p_r_p_resetCur%3Dfalse%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_cur%3D2&pageFromPid=326

63 DCO - Adif.
https://www.adif.es/w/dco?redirect=%2F sobre-adif%2Fidi%2Fcatalogo-de-productos%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_delta%3D12%26p_r_p_resetCur%3Dfalse%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_cur%3D4&pageFromPid=326

64 Cambiador Ancho Dual - Adif
https://www.adif.es/w/cambiador-ancho-dual?redirect=%2F sobre-adif%2Fidi%2Fcatalogo-de-productos%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_delta%3D12%26p_r_p_resetCur%3Dfalse%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_ulnlsUlddfjh_cur%3D4&pageFromPid=326

