



## Trabajo Fin de Máster en Sostenibilidad y Responsabilidad Social Corporativa

Las no justificadas líneas de Alta Velocidad: propuestas de mejora para aumentar la rentabilidad socioeconómica de las líneas de AV en España y tecnológicas para hacer un transporte más sostenible.

Autor: Alberto Sánchez López

Tutor: Dr. D. César Muñoz Martínez

**MADRID, SEPTIEMBRE 2020**

**ÍNDICE**

<b><u>ÍNDICE DE TABLAS</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>1. Introducción</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>2. Planes y financiación de las infraestructuras de Alta Velocidad</u></b>	<b><u>8</u></b>
<b><u>3. Efectos de la Alta Velocidad.</u></b>	<b><u>10</u></b>
3.1 Efectos económicos directos _____	11
3.2 Efectos económicos indirectos _____	12
3.3 Efectos territoriales y de desarrollo regional _____	13
3.4 Efectos adicionales _____	14
3.5 Efectos medioambientales _____	16
<b><u>4. Análisis coste beneficio (ACB)</u></b>	<b><u>19</u></b>
<b><u>5. Propuestas para la mejorar la eficiencia del modo ferroviario en España.</u></b>	<b><u>22</u></b>
5.1 Incrementar uso del transporte de mercancías _____	22
5.2 Aumentar el tráfico de pasajeros _____	24
5.3 Transporte intermodal y multimodal _____	30
5.4 Uso de la tecnología en beneficio de la sostenibilidad _____	32
<b><u>6. Conclusiones</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>7. Bibliografía</u></b>	<b><u>41</u></b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempo de viaje, a/desde centro de ciudad (Horas) .....	11
Tabla 2: Emisiones de CO <sub>2</sub> por pasajero(kg) .....	18
Tabla 3: Escenarios de incrementos de pasajeros (en %) .....	26
Tabla 4: Energía consumida (kWh) .....	35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Emisión de CO <sub>2</sub> durante fase de construcción línea de AV de 300 Km (Miles de Toneladas).....	17
Ilustración 2: VAN social de los cuatro corredores .....	20
Ilustración 3: Evolución de los costes y beneficios con la demanda. (Hipótesis: tasa de descuento 4%; Tasa de crecimiento del PIB español 3% y duración 40 años).....	30
Ilustración 4: Cuota de transporte intermodal en España respecto a modos de transporte de mercancías (%).....	31
Ilustración 5: Emisiones en viaje de 600 km por persona ocupación media (Kg.CO2) 33	
Ilustración 6: Estructura de costes por modo de transporte (M€) .....	33

**Resumen**

El extenso desarrollo de la red de Alta Velocidad en España viene propiciado por el modelo político territorial que incentiva a priorizar estas inversiones para maximizar las ayudas financieras europeas destinadas a estos proyectos. Ante este escenario, a través de una revisión bibliográfica, se pretende identificar y exponer los principales efectos socioeconómicos de las líneas de Alta Velocidad. Para tratar de aumentar la rentabilidad socioeconómica de las líneas de Alta Velocidad, en este trabajo se plantean propuestas de mejora, así como alternativas y soluciones tecnológicas para mejorar su eficiencia, en aras de conseguir un modo de transporte sostenible.

**Abstract**

The extensive development of High Speed Railway in Spain is caused by a political territorial model that encourage to prioritize these investments to maximize financial aids from European Union to these projects. In this scenario, through a bibliographic revision, main socioeconomic effects of High Speed Railway are identified and exposed. To try to increase socioeconomic profitability in High Speed Railway, this academic essay expects find technological options and solutions to improve its efficiency, to get a sustainable transport mode.

## 1. Introducción

España es el segundo país del mundo con más kilómetros de líneas de Alta Velocidad (en adelante AV), con 3.456 Km (Declaración sobre la Red 2020, 2020), a fecha de marzo de 2020, sólo por detrás de China que lidera el ranking mundial con más de 25.000 Km. (Institute, 2018). Comparando España con otros países con dotaciones infraestructurales similares de líneas de AV, se sitúa por delante de Japón con 3.041 Km, Francia con 3.220 Km (país con más número de pasajeros en términos absolutos en la UE-27 (Nash, 2013)), y de Alemania con 3.038 Km.

A partir de estos datos, se puede llegar a la pregunta, ¿Cuáles son las razones que explican este alto desarrollo de la AV? Las ayudas financieras europeas destinadas a desarrollo de la red de Alta Velocidad juegan un papel fundamental en el modelo político territorial, propician que se priorice estas inversiones para maximizar las mismas. Esta cuestión se tratará más en profundidad en el apartado 2.

En España, el tráfico total anual de pasajeros de AV en el año 2017 fue de en torno a 11.000 millones (pasajeros-km), según datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Ministerio de Transportes, 2020), respecto de los 124.000 millones de (pasajeros-km) entre los países<sup>1</sup> de la UE que poseen líneas de AV (Herics, y otros, 2018). El tráfico medio anual ha crecido a una tasa anual del 2,6 % desde la década de los ochenta (Campos, De Rus, & Barrón, 2009). Con estos datos, en España, las líneas de Alta Velocidad han sido destinatarias de una gran cantidad de inversiones públicas en los últimos treinta años, en torno a 60.000 millones de euros hasta 2015 (De Rus G., 2015), desde la construcción de la línea Madrid- Sevilla en 1992. Cabe destacar que la mayoría de las inversiones proyectadas y ejecutadas en España son de tráfico exclusivo para pasajeros. El Corredor Mediterráneo es uno de los pocos corredores en los que se proyectan líneas mixtas donde se comparten los tráficos de mercancías con los de pasajeros.

Sin embargo, en otros países europeos como Italia y Alemania, la AV está ejecutada para un transporte mixto (Gutiérrez Puebla, 2005), acorde a las políticas que se promulgan desde las instituciones europeas, que sitúan al ferrocarril y la AV como garantes del trasvase modal hacia modos más sostenibles dentro del Plan de Neutralidad Climática.

A través de diversos documentos, promueven políticas en materia de transporte encaminadas a un cambio o transición hacia un nuevo modelo en el transporte tanto de

---

<sup>1</sup> Francia, Alemania, España, Italia, Austria, Polonia, Bélgica, Países Bajos y Dinamarca. (www.uic.org, 2020)

pasajeros como de mercancías, enfocado hacia la sostenibilidad y respeto al medio ambiente. (Europea, 2010; Europea, 2014) .La Comisión Europea se ha puesto como objetivo una economía baja en carbono en 2050 y reducir sus emisiones un 80 % al nivel anterior de 1990 (Hoyos, Bueno, & Capellán-Pérez, 2016).

En un escenario como el actual en el que España es el segundo país del mundo con mayor número de kilómetros de líneas de AV, con unas inversiones en infraestructuras muy elevadas y unas cifras de pasajeros alejados de otros países europeos. Se pretende poner de relieve, como las principales justificaciones de los proyectos de AV han sido la sostenibilidad ambiental y la cohesión territorial.

Teniendo en cuenta los efectos de los proyectos y la literatura económica existente -que sostiene que ninguna línea de AV tiene rentabilidades financieras y socioeconómicas desde el punto de vista de la metodología del Análisis Coste Beneficio (ACB), y ante el contexto de racionalización presupuestaria, es necesario buscar alternativas de rentabilidad. Este escenario expuesto, parece generar un binomio sostenibilidad ambiental vs rentabilidad financiera. Estas inversiones han traído consigo una menor inversión en partidas en redes convencionales o cercanías y que se hayan conectados capitales de provincia que tenían aeropuertos (y ahora esos aeropuertos están sin tráfico).

En este escenario, el estudio recopilará los principales efectos de los proyectos de AV, prestando especial atención a los socioeconómicos y medioambientales.

Con el estudio de los efectos socioeconómicos, se pretende mostrar de una forma breve y concisa, la profundidad y amplitud que pueden alcanzar los mismos, lo que puede llevar a preguntarse ¿Los efectos de la AV son múltiples? En el apartado 3 se tratará de dar respuesta exponiendo de manera resumida y esquemática para tener una visión global, para posteriormente explicarlo más en profundidad en los sucesivos apartados. Primero se explicarán el alcance y contenido los efectos económicos, territoriales y medioambientales de las líneas de AV en España para analizarlos desde la metodología de evaluación análisis coste-beneficio (ACB) en el apartado 4, la cual es una metodología para evaluar los costes y beneficios de los proyectos de AV con el objetivo de determinar si el proyecto es beneficioso desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. En este caso se usará ex post partiendo de proyectos previamente ejecutados.

En el apartado 5, se expondrá la principal aportación de este trabajo, plantear propuestas de mejora para aumentar la rentabilidad socioeconómica de las líneas de AV en España, las cuales son:

- Promover el transporte de mercancías por ferrocarril:
  - Adaptando infraestructuras para favorecer la interoperabilidad con otros trenes europeos.
  - Favoreciendo la competencia una vez el servicio de mercancías está liberalizado de forma operativa.
  - Mejorando la interoperabilidad e intermodalidad a través de los accesos ferroportuarios.
  - Fomentando la utilización de las vías en desuso de la red convencional.
  - A través del transporte multimodal e intermodal (Burckhart, 2007), aprovechando las características de cada modo de transporte.
- Mejorar la eficiencia energética del ferrocarril mediante iniciativas novedosas apoyadas en las nuevas tecnologías para optimizar el gasto energético, generando un factor diferenciador respecto a otros modos de transporte.

## 2. Planes y financiación de las infraestructuras de Alta Velocidad

En España, desde hace más de treinta años, todos los planes enfocados al desarrollo de las infraestructuras, desde el Plan de Transporte Ferroviario de 1987 (PTF1987) hasta el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 (Fomento M. d., 2014; Cruz, 2017) han situado al modo ferroviario y en especial a la AV como eje central de desarrollo de la política infraestructural española, aspecto que se ha visto reflejado en la dotación presupuestaria asumiendo el 67% de los recursos presupuestarios del Ministerio de Fomento para el año 2019.

En el contexto comunitario, la AV también ha sido elegida como el modo de transporte prioritario sobre el que iniciar políticas de promoción de transporte sostenible. Prueba de ello, es la inclusión del trasvase modal hacia el ferrocarril propuesto en el Libro Blanco de Transportes de 2001. La necesidad de instrumentalizar las infraestructuras en los sistemas de transportes ha provocado que la intervención comunitaria en materia de Redes Transeuropeas de Transporte (RTE-T) se haya convertido en la herramienta principal de desarrollo de la Política Común de Transporte (PCT) (Muñoz C. , 2016).

Los objetivos de RTE-T son entre otros:

- Optimizar las infraestructuras existentes.
- Conseguir la interoperabilidad de los elementos de la red.



- Integrar los diferentes medios de transporte.
- Contribuir a la eliminación de cuellos de botella.

En el artículo 149 de la Constitución española de 1978, en su punto 1, queda recogido: El Estado tiene competencia exclusiva sobre Ferrocarriles y transportes terrestres que transcurran por el territorio de más de una Comunidad Autónoma. Por este motivo, la financiación necesaria para la construcción de líneas de AV proviene de partidas presupuestarias otorgadas por el Gobierno Central tras la negociación con las Comunidades Autónomas.

También existe una cofinanciación comunitaria, desde el año 2000 hasta el 2017 la UE ha proporcionado 23.700 millones de euros destinados a apoyar las inversiones en infraestructuras ferroviarias de Alta Velocidad. Con porcentajes que alcanzan el 26 % en el caso de España sobre el total de Estados miembros (Herics, y otros, 2018), inversiones en AV que comenzaron en 1994 con el Fondo de Cohesión, cuyo objetivo es reforzar la cohesión económica, social y territorial de la Unión con vistas a fomentar el desarrollo sostenible.

La Comisión Europea ha calculado que serán necesarios 500.000 millones de euros para completar la red básica en 2030 (tienen la máxima importancia estratégica para lograr los objetivos de la política de transporte de la Unión y son objeto preferente de actuaciones con ayuda comunitaria: enlaces transfronterizos, cuellos de botella y nodos intermodales), mientras que para la red global en 2050 (recoge todas las infraestructuras, existentes o planificadas, formada por todos los elementos considerados de interés común, que cumplen con los requerimientos de participar en el transporte transeuropeo) serán necesarios 1,5 billones de euros.

Para el periodo de programación 2014-2020, España ha dejado de ser beneficiaria del Fondo de Cohesión. La ayuda financiera a las infraestructuras de transportes ha alcanzado los 11.300 M € que han sido transferidos desde el Fondo de Cohesión al Mecanismo Conectar Europa (Muñoz C. , 2016) con objeto de financiar proyectos de infraestructuras de transporte con valor añadido europeo.

Las razones del alto desarrollo de las líneas de AV en España, vienen explicadas por las cuantiosas ayudas europeas que han provocado que los agentes instituciones priorizasen la inversión en infraestructuras de Alta Velocidad que maximizasen las ayudas financieras comunitarias a este tipo de proyectos: mientras, el gobierno central ha asignado los presupuestos con fines políticos de cara a periodos electorales, y las administraciones regionales han demandado la construcción de estas infraestructuras con el fin de atraer inversiones a su territorio (Muñoz C. , 2018).

### 3. Efectos de la Alta Velocidad.

En este apartado se muestran los efectos socioeconómicos de las líneas de AV partiendo de los principales impactos que generan.

Las administraciones y organismos públicos que proyectan las líneas de AV exponen los distintos efectos a la hora de justificar los beneficios de la construcción de las infraestructuras ferroviarias de AV, tales como:

- Efectos económicos directos de la inversión pública, que son los que se generan en la región, y están relacionados con la propia construcción de la infraestructura de AV.
- Efectos económicos indirectos, que son los producidos por los proyectos de las infraestructuras de red de AV en el resto de la economía. Tienen lugar en los mercados secundarios unidos por relaciones de complementariedad y sustituibilidad con el mercado primario, afectado en su equilibrio inicial por el proyecto (De Rus G. , 2009).
- Efectos territoriales y de desarrollo regional, en general, podemos afirmar que las infraestructuras constituyen un instrumento importante de cohesión económica, social y de vertebración territorial que contribuye a integrar el espacio y a dotarlo de accesibilidad: la accesibilidad a las regiones configura y consolida a las mismas dentro de los mercados, unas redes son necesarias para las exigencias de demanda y para la movilidad, hablamos de que las infraestructuras son el soporte físico que permite que se desarrolle la actividad económica a través de la circulación de personas y mercancías.
- Efectos adicionales, entre los que destaca la productividad, sus efectos se integran dentro de los efectos de aglomeración, la cual puede tener ventajas como el flujo de información y la reducción de ciertos costes al facilitar la implantación de empresas en la misma zona. E inconvenientes como la disminución de poder fijar precios al haber una mayor competencia y posible congestión de ciertas áreas con los problemas que ello conlleva, como un tráfico excesivo.
- Efectos medioambientales, aplican de forma transversal a todas las políticas y que afecta especialmente a la política de transportes vía preferencia de la financiación de infraestructuras de menor impacto medioambiental.

Estos son cinco de los pilares básicos en los que las administraciones públicas se basan a la hora de aportar la necesidad e idoneidad de ejecutar proyectos de AV.

### 3.1 Efectos económicos directos

Los proyectos de AV tienen unos efectos directos en la economía, entre ellos cabe destacar los ahorros de tiempo y costes operativos (De Rus G. , 2009). Los cuales se describirán brevemente en este apartado.

Mediante los proyectos de AV se busca reducir los tiempos de viajes entre regiones (Monzón, López, & Ortega, 2018) , y que, gracias a esta reducción, parezca que se minimizan las distancias, aspecto que puede jugar un papel fundamental aportando ventaja competitiva frente a otros modos de transporte competidores del tren de AV. En la siguiente tabla se muestran los tiempos empleados para los desplazamientos hacia/desde el centro de la ciudad en función del medio de transporte y distancia del viaje. Según estudios, la AV solo es competitiva frente al avión, en cuanto a ahorro de tiempo, en desplazamientos hasta los 600 Km., (Betancor & Llobet, 2015) cómo se puede observar en la (Tabla 1)

**Tabla 1: Tiempo de viaje, a/desde centro de ciudad (Horas)**

Mode	Average speed, km/h	Distance city center to city center		
		400 km	500 km	600 km
Passenger car	100	4:00	5:00	6:30
Coach	85	4:43	5:53	7:34
Fast train	150	2:40	3:20	4:00
High speed train	280	1:26	1:47	2:09
Aircraft	800	2:20	2:28	2:35

Fuente: (Kageson, 2009)

Hay que matizar que estos tiempos, se ven condicionados por la localización de los aeropuertos, los cuales en muchos casos están situados a las afueras de las ciudades frente a la situación de las estaciones de AV, que suelen estar integradas en los núcleos urbanos.

En cuanto a los costes operativos el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias de Alta Velocidad (Adif- AV) debe aumentar sus ingresos para amortizar la inversión realizada en la red de AV más extensa de Europa. Hasta la fecha, 2017 ha sido el único ejercicio en el que Adif AV ha generado recursos suficientes para cubrir el coste de su endeudamiento (CNMC, 2019). Una oportunidad de aumentar el uso de la red y con ello los ingresos, se producirá con la liberalización de los servicios de pasajeros a partir del 14 de diciembre de 2020, tal como exige la normativa europea.

También existen efectos directos producidos por las políticas keynesianas de inversión pública. Sobre estos, existe consenso, en determinar que el efecto keynesiano y multiplicador del gasto público que surge de la inversión realizada en la fase de construcción en las líneas de AV, no es diferente respecto a otra inversión pública de la

misma cuantía, por lo que no debería considerarse como un efecto adicional de la infraestructura de la AV (Hernández, 2012).

### 3.2 Efectos económicos indirectos

La inversión en infraestructuras de AV tiene una relación positiva entre la construcción de infraestructuras de transporte (no solo de AV, pero también) y el crecimiento económico. Existen numerosos efectos económicos indirectos, entre ellos aumenta la demanda en la restauración, hostelería, aumento de trabajos indirectos propiciados por las mismas construcciones de las infraestructuras, y un aumento de actividades económicas (aunque estas pueden ser en detrimento de otras zonas).

El aumento de ingresos en la economía por la construcción de las líneas de AV tiene condicionantes, a priori se puede pensar que las líneas de AV pueden tener influencia en el sector turístico, al favorecer los desplazamientos, teniendo un impacto económico positivo vía ingresos de restauración, pernoctaciones y generador de empleo en el sector servicios. Aunque es cierto que el número de turistas en las ciudades dotadas con AV tiende a aumentar gracias a las reducciones del tiempo de viaje, ciudades antes con viajes muy largos y pesados, ahora son propicias incluso para la escapada de un día, por ese lado sí que producirá un aumento de ingresos en la economía de la ciudad receptora, aunque con condicionantes, estos turistas gastaran en el billete del AVE y en hostelería durante su estancia pero al darles la oportunidad de ir y regresar en el día, los hoteles son los damnificados ya que no se alojarán con la siguiente disminución de los ingresos, por lo que se produce un cambio de ingresos entre sectores. (Sánchez-Ollero, García-Pozo, & Marchante-Mera, 2014).

Algunos trabajos para el caso de España muestran que el efecto de la AV sobre el turismo es irrelevante en el caso de la zona de la Costa Dorada (Tarragona) (Saladié, Gutierrez, & Clavé, 2016). Para el caso de Alicante, tras la puesta en servicio de la línea de AV que la conecta con Madrid, (Gutierrez & Ortuño, 2017) estimaban un aumento de poco más de 20.000 turistas en la provincia, con un impacto económico total bruto de tres a cuatro millones de euros, irrelevante en relación al coste de la línea. Sin embargo, según se apunta en el documento de trabajo (Albalate & Bel, 2015), el aumento provocado por la novedad en la fase inicial del servicio, si se produce, decae a lo largo del tiempo, provocando que, a largo plazo, si permanece algún efecto, sea marginal. Si existe algún efecto sobre la actividad turística en ciudades dotadas de alta velocidad ferroviaria, es en ciudades en las que previamente ya había turismo.

Situaciones similares, como la descrita, pueden hacer disminuir el número de actividades económicas y provocar un impacto negativo en zonas menos dinámicas

(Albalate & Bel, 2015), produciendo una concentración de actividades empresariales en aquellas zonas más dinámicas y un efecto centralizador de la actividad económica.

De esta forma, la llegada del AVE lo único que supondrían sería una relocalización de la actividad económica encontrándose en una situación en que el beneficio social marginal es igual al coste social marginal y por tanto no cambia el excedente social (De Rus G. , 2009).

Cabe recordar que los efectos indirectos deben contabilizarse cuando tienen lugar en mercados en los que existen distorsiones o cuando no son una relocalización de la actividad económica.

Otro efecto indirecto es el ahorro de tiempo para el transporte de mercancías (Albalate & Bel, 2015). En un mundo globalizado como el actual, esto puede provocar ventajas competitivas de unas empresas frente a otras dependiendo de que la región dónde se localicen dispongan de unas buenas infraestructuras, en el caso que afecta, ferroviarias. Las empresas del sector logístico son las que se pueden ver beneficiadas de una manera más clara.

Este efecto tiene poco impacto en el caso español dado que exceptuando el Corredor Mediterráneo el resto de las líneas de AV no están preparadas para un tráfico mixto, al contrario que otros países europeos.

### 3.3 Efectos territoriales y de desarrollo regional

La justificación principal en la que se amparan las instituciones nacionales a la hora de la construcción de líneas de AV son los efectos positivos que generan en la cohesión territorial, a través de la mejora de la accesibilidad y su impacto en el desarrollo regional.

Bien, es cierto, que la red de AV juega un papel importante en la cohesión territorial, es un elemento clave dentro del espacio europeo. De ahí que la Unión Europea destine fondos para la construcción de proyectos de AV (Gútiérrez Puebla, 2005), demostrando su compromiso.

Al referirse al impacto de estas infraestructuras en el desarrollo regional, se debe indicar que se debe valorar centrándose en determinar si se ha producido una distribución territorial de los beneficios de la inversión con el fin de relocalizar la actividad económica y aumentar la convergencia regional (Muñoz C. , 2018). La introducción de líneas de AV, suelen provocar unas mayores diferencias entre las regiones céntricas y las de la periferia, ya que parece ser que existe un efecto polarizador (Puga, 2001; Alonso-Carrera & Freire-Serén, 2003; García Nicolás, 2016). Saliendo perjudicadas las ciudades de menor tamaño por lo que se genera un efecto negativo en esas regiones.

Por esto, aun con la importancia que tienen las infraestructuras en AV en la vertebración territorial, estas inversiones contribuyen a la economía de las regiones, aunque no son suficientes por ellas mismas para explicar la mejora económica de los territorios. El efecto drenaje de la economía entre las regiones céntricas y periféricas, incrementado, por la óptica radio céntrica de las infraestructuras de AV alrededor de Madrid no favorece al objetivo de la cohesión territorial, ya que obliga al viajero en muchas ocasiones a pasar por la capital.

### 3.4 Efectos adicionales

Los efectos económicos adicionales son:

1. Economías de aglomeración.
2. Competencia imperfecta en los mercados que usan el transporte como *input*.
3. Aumento de la competencia.

A continuación, se exponen estos efectos, las economías de aglomeración son una externalidad positiva que las empresas generan al ubicarse cerca de otras empresas. Si la productividad aumenta con la densidad de empresas en una zona, la productividad depende de la decisión de localización de cada empresa (De Rus G. , 2009). La empresa, al decidir donde instala su planta, tiene en cuenta los beneficios que obtiene, pero no el aumento de los beneficios de las demás.

Las infraestructuras de AV que reduzcan los costes de desplazamiento pueden contribuir a una mayor concentración de empleos en la zona beneficiada por estas, pudiendo dinamizar el empleo en la región o ciudad. Existen evidencias que aumentar el grado de aglomeración tendrá un efecto positivo en el empleo.

Sobre todo, en las regiones cercanas a las estaciones, lugar donde se concentran los beneficios de dichas líneas. Hay estudios que mediante el uso de datos de panel y variables instrumentales (Hernández, 2012) han permitido controlar la posible existencia de endogeneidad y capturar los efectos que se producen a nivel municipal. Los resultados obtenidos permiten afirmar que el impacto sobre la densidad de empleo varía en función de la distancia. Hasta 10 kilómetros alrededor de las estaciones, el incremento en términos de densidad de empleo se sitúa en un 3.5%, un 1.8% para áreas de 20 kilómetros. Estos resultados hay que tomarlos teniendo en cuenta que se trata de economía desarrollada, en la que ya contaba con un alto grado de implementación de infraestructuras ferroviarias, por lo que el efecto que producirá será menor que el que ocasionará en una economía en vías de desarrollo. Y también, hay que considerar el coste de oportunidad.

Por tanto, hay que tener en cuenta que la inversión en infraestructuras de AV ha supuesto la renuncia a otros proyectos alternativos incluso dentro de las infraestructuras ferroviarias, la gran inversión en las líneas de AV ha ido en detrimento de servicios que aportan una mayor productividad (Albalade & Bel, 2011) como es el caso del ferrocarril de mercancías, el cual ha caído su uso en los 20 últimos años. Si se hubiera decidido apostar por la construcción de líneas mixtas de pasajeros y mercancías, se podría haber aprovechado las ganancias de productividad y de mejora en el acceso a los mercados finales e intermedios que generan y que contribuyen al desarrollo económico de la región afectada, siempre y cuando exista una base industrial y de exportación sólida gracias a una mejora de accesibilidad de regiones, si se dispone de conexiones eficientes.

Esta atracción hacia una determinada zona también tiene sus efectos negativos, como puede ser encarecimiento del precio de suelo. Al aumentar el tejido empresarial aumentará el tráfico de la zona pudiendo llegar a congestiones y aumento emisión de GEI.

En cuanto a la competencia imperfecta de los mercados que usan el transporte como *input*, el desarrollo del AV puede redundar en beneficios para los consumidores finales de los productos, ya que las empresas al acceder a estas infraestructuras pueden reducir sus costes de transporte, lo que les permitirá bajar su precio haciéndose más atractivos para sus potenciales consumidores. Como se ha comentado antes, en España no se ha apostado por el tráfico mixto, lo que hubiera aumentado el número de empresas que se podrían haber beneficiado de esta reducción de costes.

Esta reducción puede provocar un incremento de la competitividad, ya que ciertas empresas situadas en zonas que estaban excluidas de infraestructuras han sido beneficiadas gracias a estos proyectos de AV, aunque sigue habiendo barreras de entrada a la competencia frente a otras empresas mejor ubicadas. Este efecto es mucho más marcado en regiones que ya de por sí tenían un menor o peor, incluso inexistente acceso a la red ferroviaria.

Lo que es llamativo es que, en zonas con infraestructuras adecuadas de red convencional, lejos de haberles dotado de AV, la política de transporte les ha perjudicado ya que no solo no han tenido acceso a la AV si no que en muchas ocasiones estas han ido en detrimento de la red convencional por la que circulaban los trenes de mercancías.

La literatura económica ha debatido sobre la idoneidad de cuantificar los efectos sobre la productividad, aglomeración, competencia y mercado de trabajo como beneficios

adicionales. El riesgo de doble contabilización es muy alto por lo que lo más razonable es no incluir beneficios adicionales en los proyectos pequeños, concentrando el esfuerzo en los efectos directos, invirtiendo recursos para estudios específicos sólo en el caso de los grandes proyectos o en los programas completos de inversión (De Rus G. , 2009).

### 3.5 Efectos medioambientales

Según Garrido (1999) ,las líneas de actuación para evitar, reducir o corregir los impactos ambientales son dos: los estudios de impacto ambiental (EIA)<sup>2</sup> y el proceso de internalización de los costes de transporte. La evaluación ambiental incluye tanto la evaluación ambiental estratégica como la evaluación del impacto ambiental. La primera de ellas procede respecto de los planes y programas, mientras que la segunda procede de los proyectos y concluye mediante la “Declaración Ambiental” o el “Informe Ambiental”. El cual es un procedimiento administrativo para evaluar las alternativas de obras públicas y privadas más respetuosas a nivel ambiental y social, y buscar medidas para minimizar los posibles problemas.

Para mejorar las implicaciones ambientales del tren AV, se enlaza con la segunda línea de actuación, internalizar sus costes externos como expone Monzón (2008), ya que las externalidades son difíciles de percibir. Son efectos de los proyectos de AV, que no están monetizados y que sufren terceras personas, sin compensación o pago alguno. Las externalidades consideradas con mayor frecuencia son las siguientes: contaminación atmosférica, ruido, emisiones de gases de efecto invernadero, accidentes, efecto barrera, impactos sobre el medio natural y, parcialmente, congestión. Hay que tratar de buscar algún método para repercutir sobre los usuarios estos costes, para de esta forma tratar de que cambien su comportamiento. Los principales instrumentos para ello son la fiscalidad, peajes, cánones y el comercio de derecho de emisiones de CO<sub>2</sub> (Martín Cabo, 2015).

A nivel nacional ya existe una política para minimizar e internalizar los costes externos de ferrocarril. Se utiliza preferentemente energía eléctrica procedente de fuentes renovables y, además, la electricidad de otras fuentes que utiliza el ferrocarril se encuentran integradas en el esquema de comercio de emisiones de CO<sub>2</sub> de la UE.

La UE ha fijado una serie de instrumentos para regular esta internalización, centrados fundamentalmente en el transporte por carretera al ser el más contaminante y extendido. Sin embargo, aún no se dispone de una metodología de cuantificación de los efectos

---

<sup>2</sup> Evaluación ambiental, según Ley 21/2013: “es el procedimiento técnico y administrativo por el que se toman en consideración, en el proceso de toma de decisión de aquéllos, todos los aspectos relativos a la protección del medio ambiente. Este procedimiento contribuye a la participación de las administraciones afectadas y del público interesado, siendo de gran utilidad como cauce de participación pública para integrar y considerar adecuadamente sus preocupaciones ambientales.”

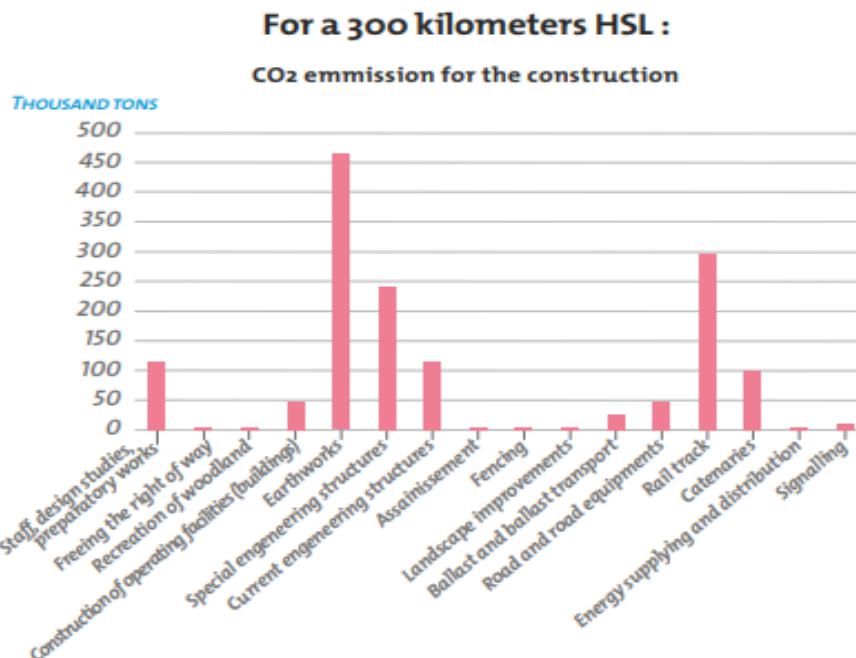


externos que sea aceptada a nivel europeo. El objetivo es incorporar de modo efectivo los costes externos al sistema de precios y tarifas de los servicios de transporte.

Estas externalidades expuestas, tienen una complicada cuantificación por su naturaleza, lo que sí que existen estudios es sobre la contaminación que se produce relativa al uso de materiales y fases necesarias para la propia construcción. Con un aumento significativo cuando se tienen que realizar en entornos con una orografía compleja, ya que tanto la construcción de viaductos como de túneles (Westin & Kageson, 2012), ocasionan una mayor cantidad de emisiones.

Para determinar un impacto más aproximado al real es interesante y muy práctico realizar un análisis de ciclo de vida, para cuantificar las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas durante toda las fases de la construcción, (Antigüedad, y otros, 2016) (Ilustración 1) abarcando desde los movimientos de tierra, construcción de vías, grandes obras (en líneas como la Y vasca, con una enorme complejidad técnica, se manejan cifras en su recorrido de entre el 60% de túneles y 10 % de viaductos), equipamientos, y construcciones de las propias estaciones de la línea.

**Ilustración 1: Emisión de CO<sub>2</sub> durante fase de construcción línea de AV de 300 Km (Miles de Toneladas)**



Fuente: (Westin & Kageson, 2012)

En la gráfica se puede observar cómo las fases que generan más emisiones son la de movimiento de tierras, estructuras complejas como túneles y viaductos, y la explanación de la vía.

La parte de las emisiones determinadas a la construcción, deberán repartirse entre el número de pasajeros que anualmente transitan por estas infraestructuras.

Esto, provoca grandes disparidades, entre las líneas existentes y dificulta en exceso comparaciones entre otros medios de transporte. En regiones con orografía que aporte una complejidad excepcional a la hora de su construcción y con densidades bajas de población, las emisiones de CO<sub>2</sub>, no aguantarán las bondades que se esgrimen hacia el ferrocarril frente a transporte por carretera.

En cuanto al consumo energético, además de contemplar los datos relativos a la fase de construcción (De Rus G. , 2012), también durante la fase de explotación hay que tomar con precaución los datos de las emisiones de CO<sub>2</sub>, puesto que hay factores determinantes implicados, como el factor de carga neta de los ferrocarriles, el dióxido de carbono emitido, el origen de la electricidad (Westin & Kageson, 2012) y la velocidad (Martín Cañizares, 2011). Además de factores de consumo energético, dependiendo de la fuente de donde se obtenga la electricidad que consumen los trenes.

Una vez explicado lo ocurrido durante su fase de construcción, se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2) una comparativa entre las emisiones de CO<sub>2</sub> por pasajero, teniendo en cuenta solo el viaje del tren AVE frente al avión con un aprovechamiento del 100%.

**Tabla 2: Emisiones de CO<sub>2</sub> por pasajero(kg)**

<b>TRAYECTOS</b>	<b>AVIÓN</b>	<b>AVE</b>
Madrid- Barcelona	73 kg CO <sub>2</sub>	9 kg CO <sub>2</sub>
Madrid- Sevilla	64 kg CO <sub>2</sub>	8 kg CO <sub>2</sub>
Madrid- Granada	50 kg CO <sub>2</sub>	6 kg CO <sub>2</sub>
Madrid- Málaga	63 kg CO <sub>2</sub>	8 kg CO <sub>2</sub>
Madrid- Valencia	43 kg CO <sub>2</sub>	5 kg CO <sub>2</sub>
Madrid- Alicante	51 kg CO <sub>2</sub>	6 kg CO <sub>2</sub>

Fuente: [www.ecorresponsabilidad.es](http://www.ecorresponsabilidad.es)

En la tabla se puede observar, que en cuanto a emisiones los trenes de AV son mucho más eficientes que los aviones, matizando esta afirmación, para los casos contemplados, los cuales se encuentran en el rango óptimo para la AV en cuanto a

distancias y con un aprovechamiento del 100 % de cada medio de transporte. Fuera de este escenario, estos datos no tendrían validez.

Las líneas de AV están electrificadas con corriente alterna, por lo que las pérdidas en la transformación y transporte se reducen (del orden del 9% en corriente alterna, frente al 22,6 % en corriente continua). Menos pérdidas implican menos generación. Permite reducir el tiempo de viaje y con él el consumo de los servicios auxiliares del tren. Menos duración del viaje significa menos uso por servicios.

#### 4. Análisis coste beneficio (ACB)

Para determinar si un proyecto de AV es socialmente deseable, los beneficios deben ser superiores a los costes de construcción, mantenimiento y operacionales (De Rus G. , 2009). Aunque los beneficios sean superiores no es una condición suficiente como para acometer el proyecto sin antes evaluar otras alternativas que ofrezcan un mayor valor actual neto (VAN) que dichos proyectos.

Para evaluar los beneficios sociales de estos proyectos hace falta monetizarlos, dependiendo de la valoración de los efectos expuestos en epígrafes anteriores, como los efectos económicos directos, que engloban: ahorros de tiempo que obtienen los pasajeros que cambian de modo de transporte, disposición a pagar de la demanda de nueva generación, mayor capacidad en otros modos, reducción de costes externos como la congestión que existía antes de la implantación de la infraestructura; y los beneficios económicos adicionales: aumento de la productividad, y del empleo por efecto aglomeración, aumento de la competencia favorecida por el aumento de la productividad comentado, lo cual podrá beneficiar al consumidor final.

Los costes sociales no sólo provienen de la propia construcción de las líneas de AV, sino también de los costes netos de mantenimiento, los costes de operación de la infraestructura, la compra de material rodante y el posible aumento de costes externos.

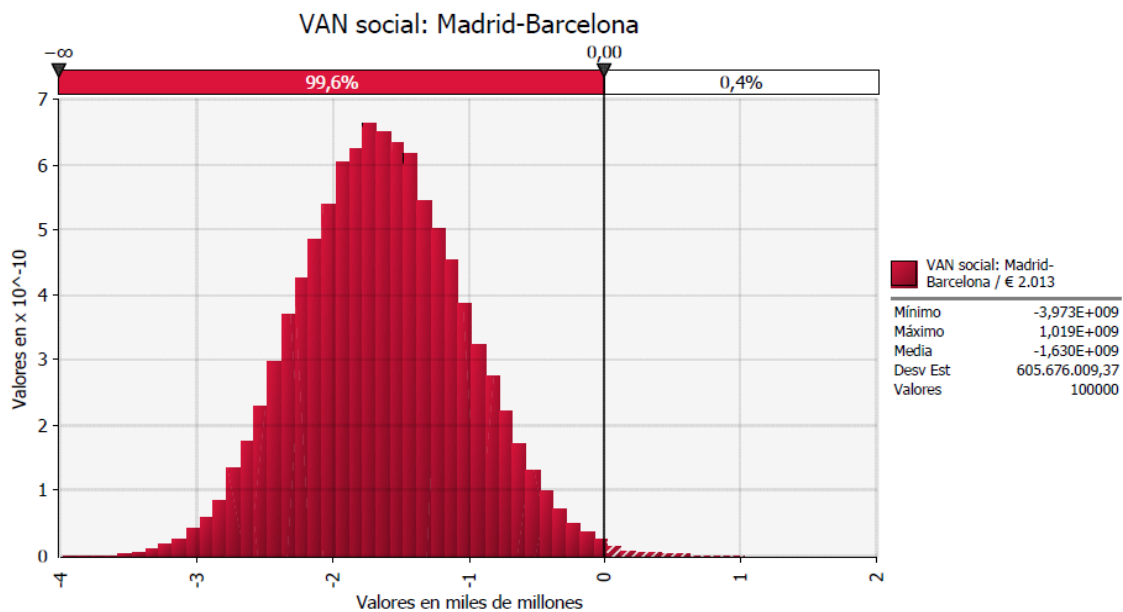
Hay publicados varios estudios de las líneas de: Madrid–Barcelona (De Rus & Román, 2006); y Madrid–Valencia (Coto-Millán, Casares-Hontañón, San Millán, & Agüeros Sánchez, 2013), que arrojan resultados con VAN negativos, calculados con la metodología ACB. Con lo que parece que al menos estos corredores ferroviarios de AV no serán rentables en años venideros desde una visión analítica. (Muñoz C. , 2018)

Además de los trabajos mencionados, (Betancor & Llobet, 2015), calcularon el VAN financiero y social de los cuatro corredores de alta velocidad Madrid–Barcelona, Madrid–Andalucía, Madrid–Levante y Madrid–Norte.

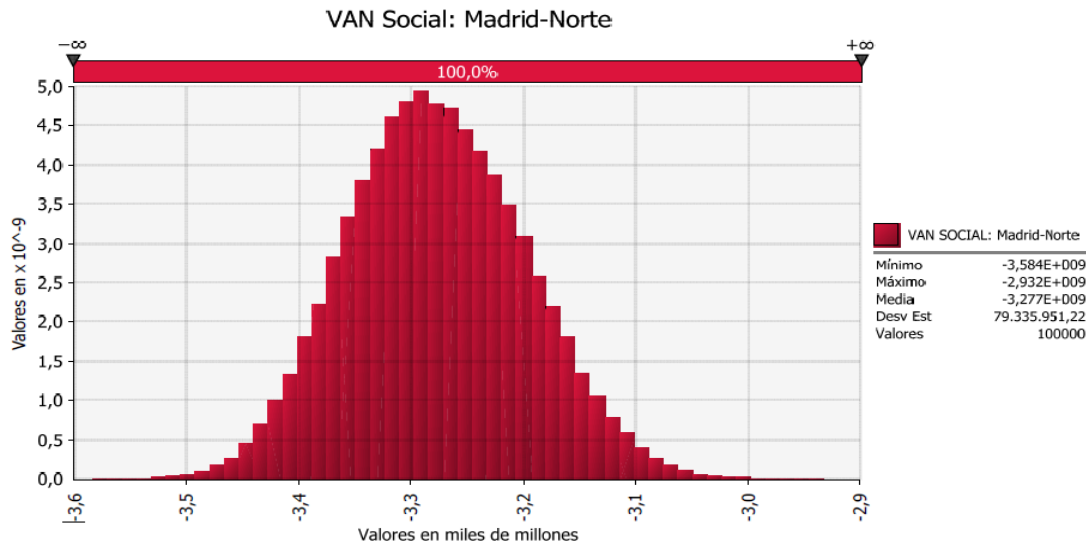
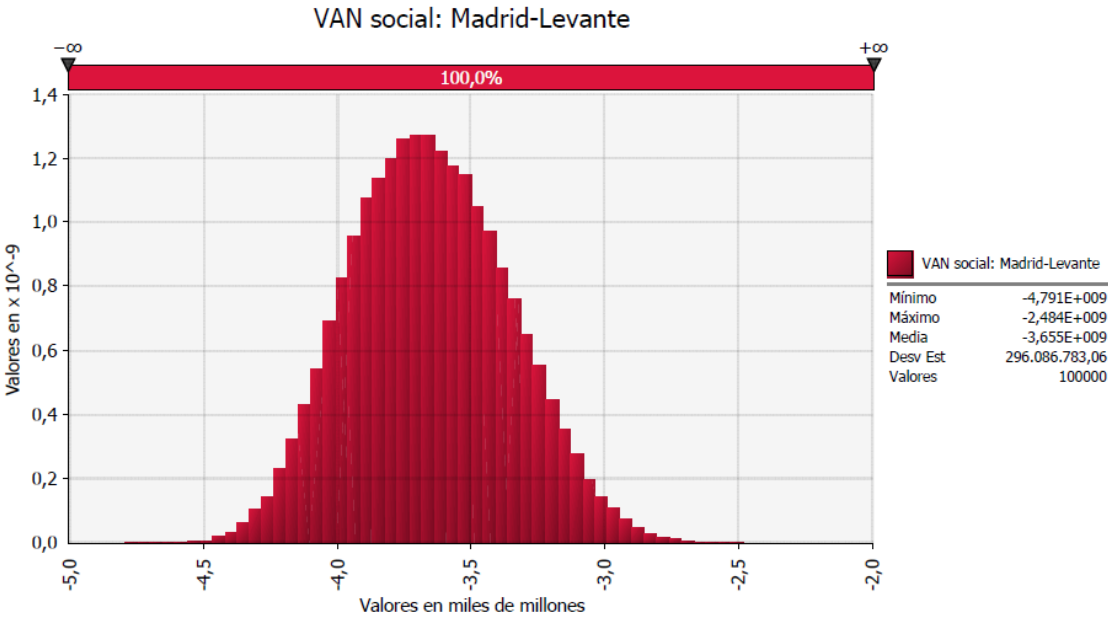
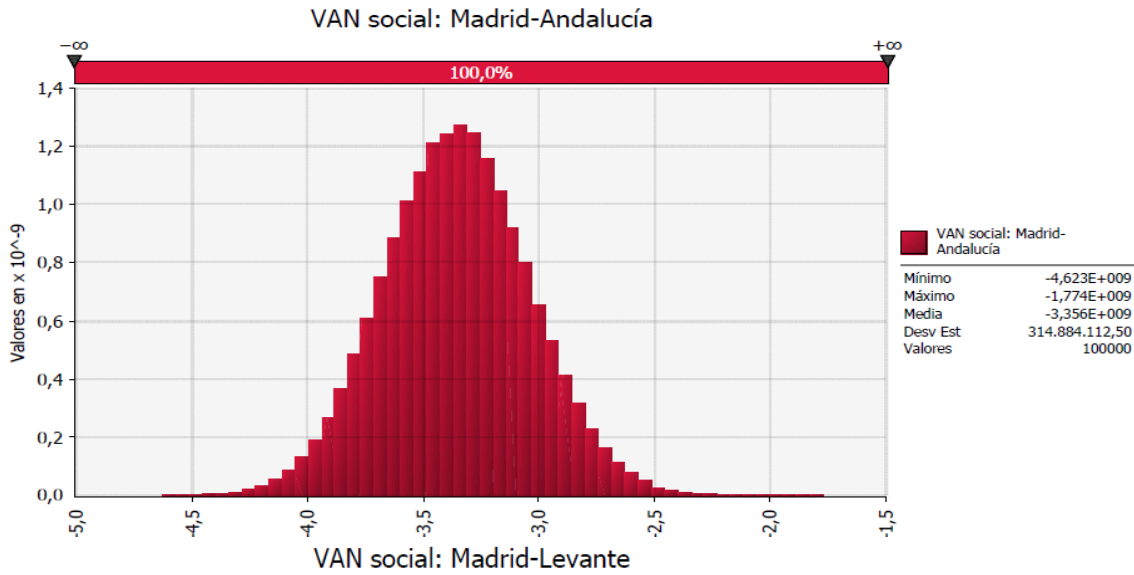
A continuación, se muestra en la (Ilustración 2), la salida de la distribución de probabilidad del VAN social para cada corredor después de aplicar un análisis de riesgo que modeliza las variables sometidas a un mayor grado de incertidumbre<sup>3</sup>

Como puede observarse la probabilidad se concentra en valores negativos en los corredores de Madrid–Andalucía, Madrid–Levante y Madrid–Norte, y aunque se obtienen algunos valores de VAN social cercanos a cero o positivos en el caso del corredor Madrid–Barcelona, la probabilidad de que ocurran es prácticamente despreciable (0,4 %). En cualquier caso, teniendo en consideración que este análisis es contrafactual, un valor de VAN igual a cero implica que la sociedad estaría igual con o sin el proyecto, por lo que no añadiría nada de bienestar. Por otra parte, en el análisis financiero, los resultados muestran que se cubren los costes variables tanto en términos financieros como sociales en todos los corredores, con la excepción del corredor Madrid–Norte. Ello quiere decir, que la operación de los corredores de AV estaría solo justificada cuando los costes de inversión se considerasen como costes hundidos. (Muñoz C. , 2018).

**Ilustración 2: VAN social de los cuatro corredores**



<sup>3</sup> Este análisis se ha desarrollado siguiendo la metodología desarrollada en De Rus (2012), las recomendaciones recogidas en Comisión Europea (2008) donde se aplica una tasa social real de descuento del 3,5 % y aplicando los valores para monetizar los ahorros de tiempo de viaje sugeridos por HEATCO (2006). Por otra parte, las estimaciones no incluyen los impactos medioambientales de la inversión comparados con la situación sin proyecto. Se consideran como variables aleatorias: la tasa de crecimiento de los tráficos (distribución uniforme entre 1,5 % y 2,5 %) y el factor de carga de los trenes (en la mayor parte de los casos como una distribución uniforme entre 65 % y 75 %).



Fuente: (Muñoz C. , 2018)

Estas líneas están construidas bajo unas previsiones de pasajeros alejadas de las que se han obtenido con posterioridad, lo que es una sobrepredicción de la demanda, (Matas, Raymond, González-Savignat, & Ruiz, 2009) (Flyvberg, Skamris, & Buhl, 2014) poniendo de manifiesto errores sistemáticos hacia la sobreestimación de la demanda y la subestimación de costes en los proyectos ferroviarios en la Unión Europea.

En la actualidad en las que las nuevas tecnologías están presentes en tantas áreas de la vida cotidiana, se podrían usar para mejorar estas predicciones a través de herramientas como el big data (Petalas, Ammari, Georgakis, & Nwagboso, 2017) con la cual a través de obtención de multitud de parámetros incluso obtenidos a través de redes sociales, se pueden realizar predicciones mucho más precisas lo que mejoraría considerablemente la toma de decisiones.

## 5. Propuestas para la mejorar la eficiencia del modo ferroviario en España.

### 5.1 Incrementar uso del transporte de mercancías

En consonancia con las directrices europeas para conseguir un transporte sostenible de pasajeros, la Unión Europea y el Estado español, también ha fijado sus objetivos en el transporte de mercancías en varios informes y documentos (Europeo, 2016; Fomento M. d., 2014).

Acorde a estos documentos, y teniendo en cuenta que los estudios que plantean el ACB suelen ser uniformes en sus conclusiones acerca de la poca rentabilidad socioeconómica de las líneas para pasajeros, en estos apartados se intentará aportar alternativas de rentabilidad.

Para incrementar el uso del transporte de mercancías se proponen estas alternativas:

1. Una manera de incrementar el uso sería fomentar un mayor uso a través de ofertas interesantes frente al transporte por carretera, dando prioridad a la eficiencia logística, como en el caso de Alemania que ha modernizado la AV para un tráfico mixto. Desde este enfoque se consigue un tráfico eficiente de mercancías desde zonas industriales del centro y sur hacia los puertos del norte, principales nodos de distribución internacional de Alemania. Con estos proyectos se prioriza también los corredores con más densidad de demanda, y las actuaciones se realizan para solucionar problemas de congestión e ineficiencias en la carretera y el ferrocarril convencional (Albalate & Bel, 2015).

Otro ejemplo es el caso de China, aunque la AV está orientada hacia los pasajeros también busca que las mercancías se vean beneficiadas. Gracias a la descongestión de la red ferroviaria, que sufría grandes limitaciones de capacidad

e ineficiencias derivadas de los problemas de coordinación y uso mixto entre pasajeros y mercancías. Al mejorar la AV para pasajeros permitió descongestionar el ferrocarril convencional, cuyo uso pasó a ser mucho más favorable para las mercancías.

2. Otra manera es, después de la liberalización de forma operativa del sector de las mercancías, facilitar la entrada a las empresas privadas, actualmente, exceptuando el transporte de automóviles, transportan menos mercancías (en el caso del transporte de graneles es casi testimonial) que Renfe (Mesa, Martín, Urbina, Fernández, & Manzano, 2018), algunos motivos son los que se exponen a continuación y están presentes en los factores productivos (Llevat & Llobet, 2016) material rodante, mantenimiento, personal y servicios auxiliares o complementarios.

El caso del último factor, en el que están englobados servicios como el repostaje de las locomotoras diésel, la carga y descarga, limpieza, etc... Era bastante ya excluyente ya que estos servicios solo podían ser prestados de tres maneras. Realizados por ADIF directamente, por una empresa subcontratada o en régimen de autoconsumo por parte del operador ferroviario. Es decir, no se permitía que empresas suministraran estos servicios a varios operadores. Con la entrada de la Ley del sector ferroviario 38/2015, se eliminan las restricciones para estas actividades.

En cuanto al material rodante, se debe facilitar la venta de locomotoras a las empresas privadas por parte de Renfe, de tal manera que puedan competir en igualdad, actualmente esta venta se está produciendo, pero no en la cuantía que debiera ser, ya que tiene un parque móvil amplio y muchas están paradas por la disminución de las mercancías en los últimos años (Mesa, Martín, Urbina, Fernández, & Manzano, 2018).

Para el mantenimiento Renfe utiliza a su filial Integria para hacerlo, las demás empresas competidoras, están obligadas a hacer el mantenimiento con el fabricante de la locomotora con el sobrecoste que conlleva y alquiler de bases de mantenimiento arrendadas por Renfe. Esto se podría solucionar con una regulación de una forma que un ente externo independiente imponga a Renfe unas directrices acotadas de actuación.

En resumen, las soluciones para aumentar la rentabilidad del transporte de mercancías pasan por una vez liberalizado el sector, facilitar el acceso y explotación en condiciones de igualdad para todos los actores.

3. Utilizar las vías de red convencional en desuso que ha provocado la política de construcción de la AV, usándolas de una manera intensiva para el transporte de mercancías. El desembolso que alguna ocasión habría que realizar para adecuarlas a su uso será muy inferior a la creación de nuevas líneas y adicionalmente si se consigue obtener una cuota significativa de tráfico desviado del transporte por carretera repercutirá beneficiosamente sobre el medioambiente.
4. Mejorar las conexiones de la red ferroviaria con los puertos. España tiene dos<sup>4</sup> de los cincuenta puertos que más contenedores mueven en el mundo (Utor, 2018). Lo cual muestra el potencial que tiene para el transporte de mercancías llevando a cabo unas iniciativas para promover el transporte multimodal e intermodal.

Puede servir de ejemplo el caso del puerto de Hamburgo, uno de los principales centros logísticos de Europa, ha consolidado en 2019 su posición como el principal puerto por tráfico ferroviario de Europa. Gracias a una política de inversiones en infraestructura y digitalización de la Autoridad del Puerto de Hamburgo; se enfoca hacia el ferrocarril, como demuestran la construcción del nuevo puente ferroviario, que proporciona un enlace ferroviario sobre el río Elba, renovando así las conexiones con la terminal de mercancías (Españoles, 2020).

5. A través de iniciativas de concienciación de la sociedad en general y empresas en particular, como el efectuado en septiembre de 2019 con el llamado tren de Noé. Surge de la alianza Rail Freight Forward (RFF), que engloba 16 empresas europeas de transporte (entre ellas Renfe Mercancías), y han pintado los contenedores con imágenes de animales para dar visibilidad a la importancia de aumentar el transporte de mercancías por ferrocarril hasta una cuota modal del 30%. Consiguiendo de esta forma evitar la emisión de 290 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y un ahorro de 100.000 millones de euros para la sociedad (Renfe, 2019).

Con estas iniciativas se busca la consecución del objetivo europeo de que en 2030 el porcentaje del transporte de mercancías por ferrocarril se vea elevado hasta el 30% (Directiva 2012/34/EU).

## 5.2 Aumentar el tráfico de pasajeros

En relación con el apartado anterior, se propone como medida para aumentar el uso de estas costosas infraestructuras (Campos, De Rus, & Barrón, 2009), una utilización de

---

<sup>4</sup> Valencia y Algeciras.



tráfico mixto, tanto de transporte de pasajeros, como para el transporte de mercancías fomentando así su uso frente a otros modos de transporte.

A continuación, se exponen las propuestas para aumentar la eficiencia de las líneas mixtas:

1. Una manera de aumentar el uso del transporte de pasajeros es mediante su liberalización. A partir del 14 de diciembre de 2020 se liberalizará el transporte de pasajeros en España, gracias al cuarto paquete ferroviario, a partir de esta fecha habrá tres empresas (RENFE, ILSA, compuesta por Air Nostrum y TrenItalia; y RIELSFERA, formada por la SNCF) ofreciendo sus servicios con vistas a mejorar frecuencias, capacidades y ofertar mejores precios para los clientes.

Para mostrar cómo puede afectar la liberalización a los ingresos por cánones por parte de Adif- Alta Velocidad, se toma como referencia lo ocurrido con la liberalización del transporte de pasajeros en Italia y en la República Checa donde aumentaron un 65% y un 91% respectivamente en el periodo de 2012 a 2015 (CNMC, 2019). A continuación, se establecerán 3 posibles escenarios (Tabla 3), después de la liberalización en España, el primero se tratará de un escenario pesimista, donde solo aumentará un 10% el número de pasajeros, un escenario intermedio en el que aumenta el 50 %, (según fuentes de Adif, se espera que aumente entre un 30 y un 50% la cifra de pasajeros) y un escenario optimista en el que aumenta el 100% la cifra de pasajeros. Los datos a partir sobre los que se realizan los cálculos son los siguientes:

- Pasajeros de AV en el año 2019: 31 Millones.
- Ingresos por cánones de AV año 2018<sup>5</sup>: 572,123 Millones de euros.
- Canon promedio por viajero: 18,46 €, calculado en función de los pasajeros e ingresos mencionados (los pasajeros de 2018 fueron aproximadamente los mismos 31 millones).
- La entrada de nuevas empresas ferroviarias y el AVE low cost de Renfe, pueden suponer una reducción de los cánones entorno del 22% pudiendo a llegar al 50% en los casos de horarios nocturnos, por lo que dentro de cada escenario se han manejado estos dos posibles casos.

---

<sup>5</sup> Cifras extraídas de la Memoria de Cuentas Anuales 2018 de Adif Alta Velocidad: [http://www.adifaltavelocidad.es/es/ES/empresas\\_servicios/doc/CCAA2018I.pdf](http://www.adifaltavelocidad.es/es/ES/empresas_servicios/doc/CCAA2018I.pdf)

- En caso de reducción del 22 y del 50% del canon (Cincodias, 2019) sería de unos 14,40 € y unos 9,23 € respectivamente.

**Tabla 3: Escenarios de incrementos de pasajeros (en %)**
**Escenario 1: Incremento 10 % de pasajeros**

a. Mismo canon                      b. Rebaja 22% canon                      c. Rebaja 50 % canon

Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)
3.100.000	57.212.300	3.100.000	44.625.594	3.100.000	28.606.150

**Escenario 2: Incremento 50 % de pasajeros**

a. Mismo canon                      b. Rebaja 22% canon                      c. Rebaja 50 % canon

Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)
15.500.000	286.061.500	15.500.000	223.127.970	15.500.000	143.030.750

**Escenario 3: Incremento 100 % de pasajeros**

a. Mismo canon                      b. Rebaja 22% canon                      c. Rebaja 50 % canon

Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)	Pasajeros	Ingresos por canon (€)
31.000.000	572.123.000	31.000.000	446.255.940	31.000.000	286.061.500

Fuente: elaboración propia a partir de datos de otros países.

Estas previsiones, a causa de la pandemia CoVid-19, harán variar a la baja las mismas, dado su impacto en la economía. Según el informe del BDE (2020) se estima una caída del PIB para este año, de entorno al 13%, con un descenso de la movilidad que en junio rondaba el 30%, la elasticidad del tráfico de pasajeros con respecto al PIB es cercana a 1. Lo que explica que la disminución de ingresos de muchas familias ya sea por pérdida

de empleo o situaciones excepcionales de ERTE, estén afectando a los viajes en ferrocarril, tanto en red convencional como en AV.

Renfe ha anunciado unas pérdidas de 183 millones de euros entre febrero y mayo y 47% menos de pasajeros (Semprún, 2020) y Adif y Adif-Alta Velocidad han cifrado sus pérdidas en el primer semestre del año en 325 millones de euros, un 67% por las líneas de AV (Magariño, 2020) , lo que supone multiplicar por más de dos los números rojos del año anterior, hay que recordar que la mayoría sus ingresos provienen de los cánones que cobran a Renfe por uso de las estaciones y otros servicios, así como por circular por las vías ferroviarias. Al disminuir el número de circulaciones y frecuencias, disminuyen los ingresos por dichos cánones.

2. Fomentar el transporte de mercancías, facilitando la conexión con el resto de Europa. Un ejemplo de cómo conseguir este tráfico mixto es el túnel de le Perthus (UOTC & ASTIC, 2017), aunque se deben extraer aprendizajes para futuros proyectos, para de esta manera no incurrir en sobrecostos de la obra, obra mal ejecutada (pendiente no propicia para las mercancías, lo que acarrea limitaciones, problemas de diferencia de voltaje en la catenaria...Lo que obliga a utilización de locomotoras capaces de trabajar a distintos voltajes).

Este es un túnel de pocos kilómetros, así que adecuar las vías del país llevaría a encarecer las ya de por si costosas infraestructuras. Por ello antes de realizar ningún nuevo proyecto primero se debe realizar un ACB del proyecto para evaluar si se debe hacer.

Adecuar las líneas de AV para que puedan ser compatibles con el transporte de mercancías conllevaría a enfrentarse a obstáculos de las infraestructuras (Awad, 2015) tales como:

- Remodelación de las infraestructuras, de las rampas características de la vía, que son menores en las líneas de mercancías, como los radios de las curvas, que deben ser más amplios.

También habría que remodelar las estaciones para aumentar la longitud de los estacionamientos hasta los 750 m. para ser compatibles con los trenes europeos que suelen ser de ese tamaño, también los carriles que deben soportar una carga por eje superior la convertirían en infraestructuras más costosas por km construido.

- Y adaptar las terminales logísticas para adecuarlas a las necesidades para hacer frente a los desafíos de los transportes multimodales e intermodales, mejorando los accesos ferroviarios por ejemplo a los puertos marítimos.

Por el lado servicio también se tendrá que hacer frente a otras dificultades:

- Una de ellas es la propia intrínseca al mercado, a la oferta y demanda que haya de este tipo de servicio y a la rigidez propia de la infraestructura.
- Utilizar las vías para el tráfico mixto también puede provocar retrasos, pero este caso ocurriría en corredores muy congestionados, no es el caso de España.
- Otras limitaciones son la localización de las estaciones de contenedores, que muchas de ellas están dentro de núcleos de grandes poblaciones, lo que les hace verse afectado por el tráfico de pasajeros, de una manera más acuciante en el caso de ciudades con cercanías.

Sin embargo, y a pesar de los problemas a los que se debe hacer frente, hay referentes que han demostrado como se puede aumentar la cuota del transporte de mercancías por ferrocarril. Este caso es el de Suiza, aun siendo un país relativamente pequeño y montañoso sin una gran industria pesada, ha logrado mantener su cuota modal de transporte de mercancías por ferrocarril por encima del 40% desde 2000 y alcanzar el 48% en 2013. Y lo ha conseguido a través de una combinación de medidas reglamentarias (como la tasa sobre los vehículos pesados, subvenciones al transporte combinado, prohibición de circular por la noche y los fines de semana, y restricciones en los pesos y dimensiones máximas de los camiones) y de inversiones en la renovación y construcción de nuevas líneas ferroviarias (especialmente túneles transalpinos) ha contribuido a mejorar el rendimiento del transporte de mercancías por ferrocarril en Suiza. Dentro de la UE puede observarse un incremento comparable en Austria, que también aplicó medidas reglamentarias similares.

Fuera de la UE, hay países en los que el transporte de mercancías por ferrocarril es el dominante y alcanza cuotas de mercado del 40% o más (como en los Estados Unidos, Australia, China, India y Sudáfrica). En general la razón se debe a que buena parte de las materias primas se transportan por ferrocarril y a que los países mencionados abarcan grandes zonas geográficas sujetas a un solo marco normativo, régimen

lingüístico y sistema técnico de carácter dentro del país, una situación que no resulta fácilmente comparable con la de la UE (Europeo, 2016).

En España. hablar del transporte de mercancías por líneas de AV, nos lleva a hablar del corredor mediterráneo, que en gran parte de su recorrido posibilita el tráfico mixto gracias a la instalación del tercer carril, el cual posibilita la circulación de los dos tipos de ancho en función, del tren que transite por ellas. Esta instalación del tercer carril también implica una mayor inversión de la infraestructura, ya que para que esto sea posible, se requiere hacer frente a dificultades técnicas, tanto de infraestructura como de superestructura. Pero gracias a esto se puede aumentar su utilización, aprovechando así de una manera más eficiente su capacidad.

Cuando esté acabado unirá desde Algeciras hasta la frontera francesa (por suelo español), este corredor discurre por 6 países (Corridor, 2018). Para poder rentabilizar su uso, hay que evitar ciertos cuellos de botella (Corridor, 2018) existentes por las características de las líneas y materiales rodantes españoles y que hace que sea difícil la armonización con el resto de las líneas europeas.

Hasta ahora el transporte de mercancías se hacía por las líneas de red convencional de ancho ibérico (1668 mm.) frente a la mayoría de red europea de ancho estándar (1435 mm.), esto hace que para pasar de uno a otro sean necesarios cambiadores de ancho y que el material sea de ancho variable o bien cambiar la locomotora, es decir, se debería mejorar la interoperabilidad.

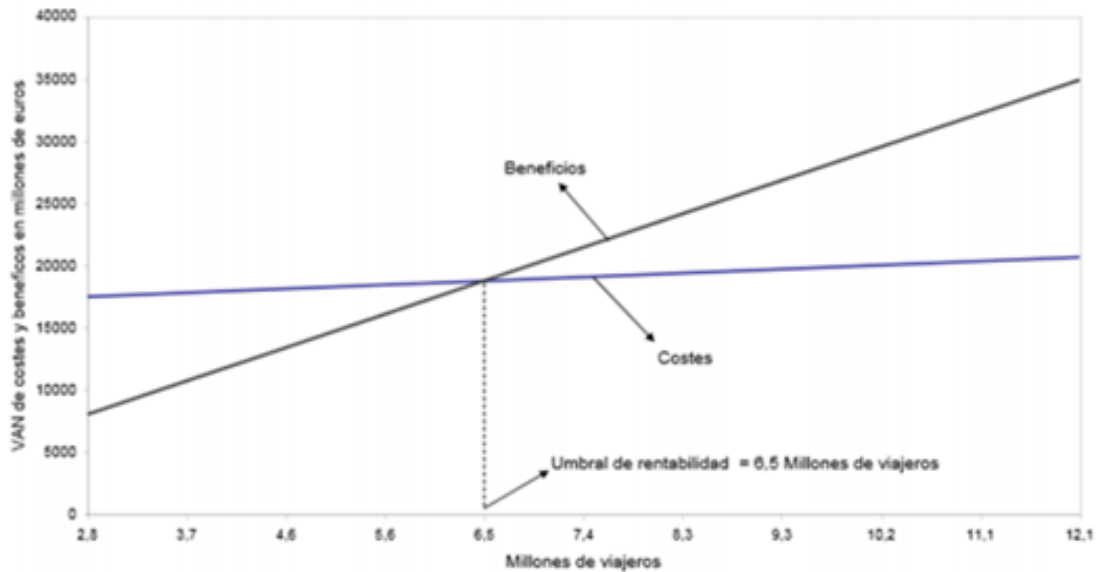
Los trenes de mercancías europeos alcanzan los 750 m frente a los 450 de máximo para los que están preparadas las estaciones en España hace imposible el transporte sin interrupciones durante los recorridos.

Con las limitaciones expuestas, se está ante el reto de hacer más atractivo este transporte para que las empresas opten por en lugar del transporte por carretera.

Para promocionarlo, se debe tener en cuenta el tipo de mercancía a transportar, y una vez identificada, habría que focalizar este esfuerzo en la competitividad de transportes por rangos de distancia kilométrica (Muñoz C. , 2017), ya que dependiendo del tipo de mercancía, en ocasiones no se podrá competir con el transporte por carretera dado que estos pueden hacer la entrega hasta el punto final de destino.

Al compatibilizar los dos tipos de tráfico serían necesarios menos pasajeros para rentabilizar esta línea de AV. Se ganaría eficiencia por el aprovechamiento de la línea, lo que disminuirá el umbral mínimo de rentabilidad (Ilustración 3), disminuiría los tiempos de trayecto de transporte de mercancías y descongestionaría el transporte mayoritariamente por carretera (Muñoz, Barreiro, & Inglada, 2014).

**Ilustración 3: Evolución de los costes y beneficios con la demanda. (Hipótesis: tasa de descuento 4%; Tasa de crecimiento del PIB español 3% y duración 40 años)**



Fuente: (Muñoz, Barreiro, & Inglada, 2014)

Tal y como se observa en la gráfica, el umbral mínimo de rentabilidad considerado es de 6.5 millones de pasajeros para un pasillo de tráfico de 500 km. Con la presencia de tráfico compartido, disminuiría la necesidad de esa cifra de pasajeros, junto con un aumento de tráfico de mercancías, se podría llegar a aumentar el beneficio de estas líneas. Lo que haría desplazar el umbral de rentabilidad hacia la izquierda.

### 5.3 Transporte intermodal y multimodal

Para comenzar, una breve explicación y diferenciación entre transporte intermodal y multimodal, ya que son dos conceptos susceptibles de confundir.

El transporte multimodal es aquel en el que se utiliza más de un modo de transporte para transportar la carga, la cuál puede ser divisible.

En el transporte intermodal, también se aprovechan las ventajas de cada modo de transporte, pero transportando la carga en una unidad indivisible como pueden ser los contenedores UTI, los cuales pueden pasar relativamente fácil de un modo a otro (Awad, 2015).

Los beneficios se pueden dividir en dos bloques diferenciados:

- Reducción de costes sociales: contaminación atmosférica, consumo de energía y materias primas...

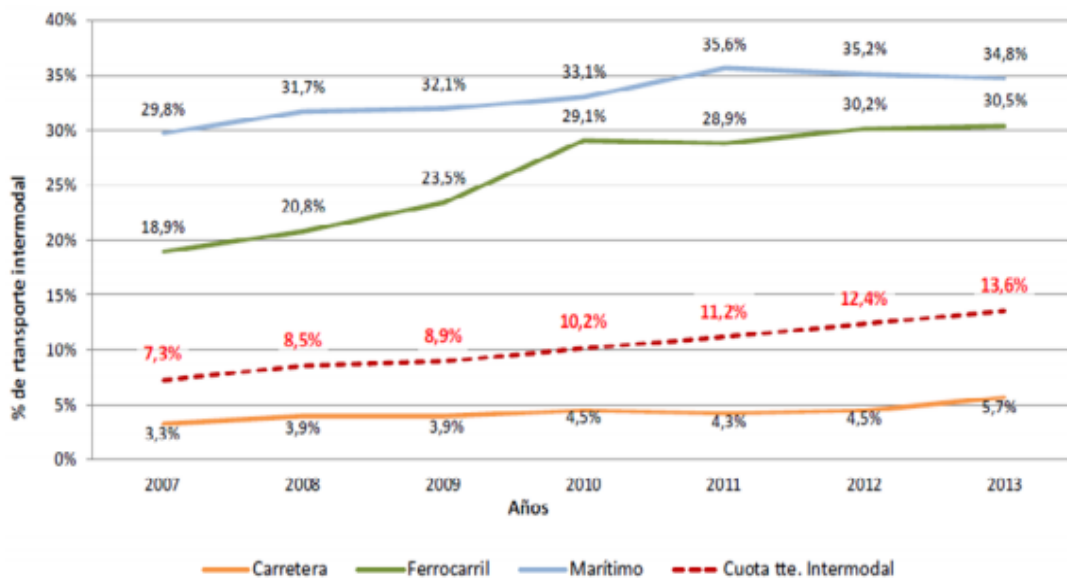
- Reducción de costes infraestructurales: reducción del tráfico por carretera, reduciendo así la congestión y mejor aprovechamiento de las capacidades.

La importancia de los contenedores en la competitividad en el tráfico ferroviario de mercancías reside en que son, tanto adaptables a camiones, como manejables con puentes-grúa en estación de contenedores con infraestructuras para ferrocarril, o bien embarcarlos en puertos de una forma óptima.

Para elegir el transporte más favorable, se pueden usar modelos existentes que analizan los costes de envío de cada modo de transporte, incluyendo variados parámetros (Bina, Binova, Kumpost, & Padelek, 2014), para el transporte de mercancías.

El transporte intermodal para poder ser beneficioso también debe tener una planificación logística, que facilite el trasvase de mercancías, de ahí la importancia de los contenedores. Los datos respecto al transporte intermodal están mejorando en los últimos años (Awad, 2015) (Ilustración 4), aun así, hay que seguir fomentándolo para aumentar así la cuota.

**Ilustración 4: Cuota de transporte intermodal en España respecto a modos de transporte de mercancías (%)**



Fuente: (Awad, 2015)

El transporte de pasajeros se suele enfocar y realizar desde un punto de vista unimodal, únicamente en los últimos tiempos las propias compañías de diferentes medios de transporte se están viendo como complementarias las unas de las otras en lugar de rivales (Burckhart, 2007).

De este comportamiento están surgiendo propuestas enfocadas hacia el transporte intermodal, mediante el cual se busca conectar varios medios de transporte para evitar el uso de transporte individual como el vehículo privado con la consiguiente disminución de contaminación. El transporte intermodal enfocado hacia el transporte de pasajeros en líneas AV, ayudaría a aumentar la eficiencia de las líneas gracias a intercambiadores (De Rus G. , 2012) y con la adecuación de las estaciones de AV, con medidas bastante sencillas como pueden ser la ampliación de parkings (aunque esto no es posible en todas las estaciones, más complicado aún en el caso de las grandes ciudades), coordinar horarios con las empresas implicadas en la movilidad como pueden ser trenes de red convencional, empresas de autobuses... (Naranjo Gómez, 2015) .

Todo de cara a facilitar la accesibilidad a una mayor parte del territorio, que es de lo que se trata, que se beneficie el mayor número de población posible.

#### 5.4 Uso de la tecnología en beneficio de la sostenibilidad

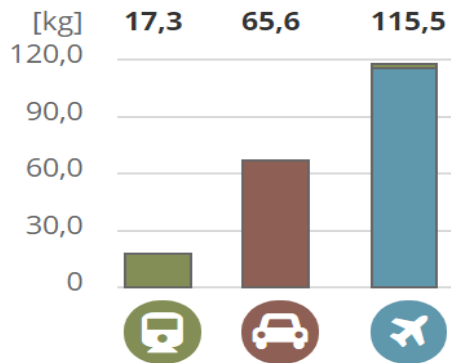
En este apartado se expondrá como el transporte por AV, excluyendo su construcción, puede llegar a ser un transporte sostenible con condicionantes. Para después mostrar las propuestas e iniciativas para su mejora.

El transporte de AV desde el prisma medioambiental, por sus emisiones de CO<sub>2</sub>, es beneficiosa en márgenes que abarcan desde los 400 a 600 Km (Kageson, 2009) (Ilustración 5). Esta distancia coincide con la existente entre las ciudades objeto de conexión de AV, que es el segmento dónde este tipo de transporte es competitivo frente a transporte por carretera y aéreo.

Por supuesto que esto no quiere decir que sea competitivo a cualquier precio, al menos, a día de hoy el factor medioambiental no es un factor clave a la hora de optar por uno u otro, ya que en este proceso de elección juegan otros factores diferenciales como son el precio (lo que más prima), la frecuencia, la comodidad...



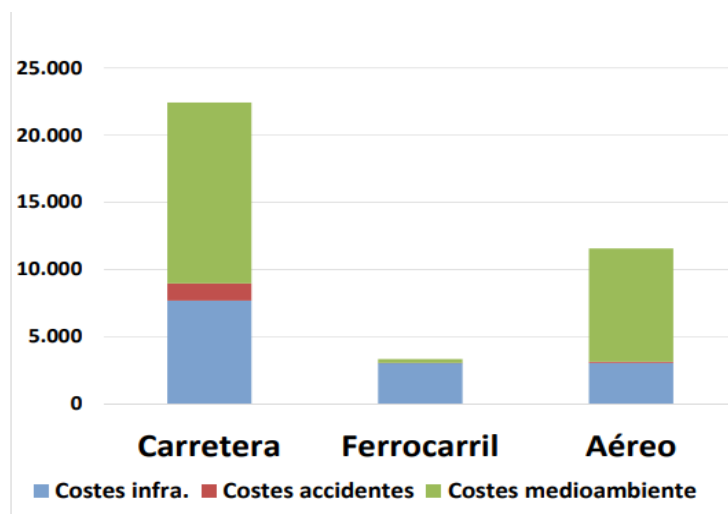
**Ilustración 5: Emisiones en viaje de 600 km por persona ocupación media (Kg.CO2)**



Fuente: [www.ecopassenger.org](http://www.ecopassenger.org)

Las infraestructuras están construidas, lo cual es lo más costoso, y dado que una vez hechas no hay marcha atrás, habría que explotarlas a un nivel aceptable para beneficio, entre otros, del medio ambiente. (Ilustración 6)

**Ilustración 6: Estructura de costes por modo de transporte (M€)**



Fuente: (Vasallo, Ortuño, & Betancor, 2017)

A continuación, se expondrá porqué se considera sostenible y cómo a través de iniciativas y proyectos que se detallan posteriormente, se puede optimizar para conseguir reducir las emisiones de GEI, lo que repercutirá en el entorno natural.

El ferrocarril de AV es un modo de transporte respetuoso con el medio ambiente, ya que sus emisiones de CO<sub>2</sub> son inferiores respecto a los demás medios (UIC, 2018; García Álvarez, 2007; (ADIF), 2010) , sin tener en cuenta el impacto que tiene su construcción (Vasallo, Ortuño, & Betancor, 2017). Aunque tiene un consumo eléctrico elevado, un

porcentaje alto de la electricidad proviene de fuentes de energía renovable (Berrios, 2017) (UIC, 2018).

Como queda patente, con el Consejo de Administración de Adif Alta Velocidad (Adif AV), el cual aprobó la adjudicación del contrato de suministro de energía eléctrica 'verde' o con garantía de origen para los años 2019 y 2020. Adif AV, como uno de los principales agentes en España del mercado de energía eléctrica de alta tensión, garantiza de este modo la transparencia y equidad con las empresas licitadoras. Todo para estar alineado con el compromiso de Adif AV de lograr la triple sostenibilidad, la totalidad de la energía suministrada será energía 'verde' o con garantía de origen (GdO) y acorde también con el compromiso de eficiencia energética y gestión medioambiental responsable. En este sentido, hay que señalar que Adif AV es la primera entidad pública empresarial española en incorporar a sus licitaciones de suministro eléctrico criterios de abastecimiento de origen exclusivamente 'verde', de acuerdo a su política de máximo respeto social y medioambiental (Velocidad A. A., 2018).

Aunque la energía provenga de energía "verde", para conseguir que los viajes futuros compensen con su ahorro de emisiones las construcciones, se encuentran con limitaciones y condicionantes (Westin & Kageson, 2012), (Hoyos, Bueno, & Capellán-Pérez, 2016), deberían tener una ocupación y un número de pasajeros muy elevados (Antigüedad, y otros, 2016), y también realizar los viajes a una velocidad óptima para seguir siendo sostenible (Martín Cañizares, 2011), entre otros.

Otro punto a favor, en este caso en el escenario del transporte por mercancías, hay estudios que demuestran que si se logra desviar parte del transporte de mercancías por carretera hacia el transporte de ferrocarril, además de generar beneficios sociales, económicos y medioambientales, podría crear puestos de trabajo de calidad y sostenibles (Colomer, Cuenca, Garí, & Vilallonga, 2012), ya que al aumentar el transporte de mercancías por ferrocarril, requerirá un mayor número de trabajadores, en sectores respetuosos con el medioambiente, lo que será un valor añadido.

Para tratar de conseguir esto, a continuación, se explican varias iniciativas que mejorarán la sostenibilidad en el transporte ferroviario de AV:

- Una de las iniciativas que ya se están llevando a cabo en la actualidad y está en fase expansiva, es la del uso de freno regenerativo (Liudvinavičius & Lingaitis, 2007; García & Martín, 2008; Noda & Koseki, 2010).

Sin entrar a demasiadas connotaciones técnicas que pueden hacer muy farragosa la explicación, la idea, es recuperar la energía que se produce

con la frenada del tren, esta energía se usa en principio para dar servicio a los denominados servicios auxiliares (como puede ser el sistema de climatización), aprovechamiento por otros trenes... Si después de alimentar estos procesos se tiene excedente la idea es retornar la energía a través de la catenaria y de esta a las subestaciones eléctricas que a su vez la verterá a la red eléctrica externa.

En la actualidad hay varias subestaciones habilitadas para poder llevar a cabo este proceso, en algunas de ellas hay datos que demuestran el ahorro energético que supone para la red este proceso (López, 2012).

De esta forma se producirá un ahorro de consumo energético importante, y una reducción del gasto, lo que repercutirá en las cuentas de las empresas ferroviarias; y también tendrá una repercusión beneficiosa para el medioambiente, ya que al disminuir el consumo se reducirán las emisiones GEI.

A continuación, se muestra una comparativa (Tabla 4) de la energía consumida y la regenerado en varias simulaciones con diferentes características de trayectos, los cuales están explicados seguidamente.

**Tabla 4: Energía consumida (kWh)**

	Escenarios simulados					
	Esc.1	Esc.2	Esc.3	Esc.4	Esc.5	Esc. 6
Energía consumida* (kWh)	2785	4942	3210	3667	3211	3632
Energía regenerada* (kWh)	1194	2381	1364	1429	1367	1686
Porcentaje respecto a energía consumida (%)	32,15	36,14	31,86	29,22	31,93	34,82

\*Medida en pantógrafo

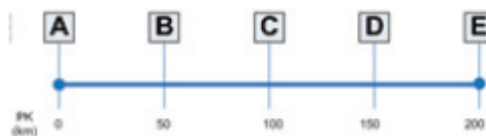
Fuente: (López, 2012)

**Escenario 1**

Número de paradas: 5, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:

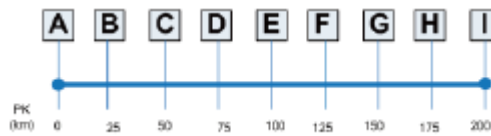


### Escenario 2

Número de paradas: 10, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:

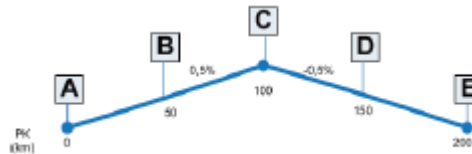


### Escenario 3

Número de paradas: 5, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:

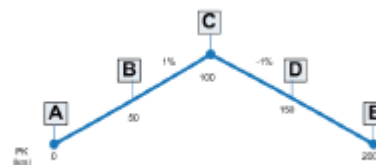


### Escenario 4

Número de paradas: 5, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:

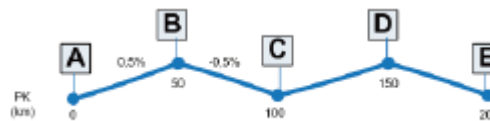


### Escenario 5

Número de paradas: 5, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:

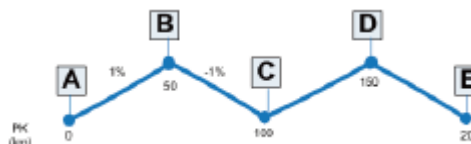


### Escenario 6

Número de paradas: 5, equidistantes.

Longitud del tramo: 200 km

Perfil geométrico:



Como se observa en la tabla, gracias al freno regenerativo se puede obtener, dependiendo de las características del trayecto, en torno al 30% de energía consumida, lo cual, demuestra la capacidad de ahorro tanto económico como de emisiones de GEI. La siguiente propuesta va enlazada con esta.

- Otro proyecto que parte del principio de funcionamiento anterior explicado son las ferrolineras ([www.adif.es](http://www.adif.es), 2013) son proyectos de i+D de ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias). Estas nacen a partir de la misma tecnología explicada en la anterior iniciativa, y es reciclar la energía excedente procedente del freno, aprovechándola para suministrarla a puntos

de carga, en espacios destinados en los parkings de las estaciones, desde dónde poder enchufar los coches eléctricos para su carga y posterior uso. Los beneficios son numerosos, entre ellos cabe destacar: promoción de la energía sostenible, ayudar a la distribución de energía eléctrica, al hacer posible el uso de la propia infraestructura eléctrica del ferrocarril para conseguir generación de energía, se producen importantes sinergias.

- Esta iniciativa es continuación a los dos anteriores, se trata de fomentar el uso de vehículos eléctricos compartidos en las principales estaciones ferroviarias. gracias a la posibilidad de instalar puntos de carga en la red ferroviaria española, que cuenta con 13.000 km de extensión y más de 1.500 estaciones y centros logísticos. Están realizados estudios para las dos estaciones principales de Madrid como son Atocha y Chamartín.

En estaciones con un volumen de pasajeros tan grande, este tipo de iniciativas pueden ser beneficiosas como continuación del uso del ferrocarril, de este modo, muchos pasajeros se podrían desplazar a sus destinos finales, siguiendo el uso de un transporte sostenible, sobre todo beneficioso cuando el destino final se encuentra aún a varios kilómetros en sitios en los que no llega el transporte público o los horarios no sean compatibles. (Guirao, Berrios, Lezcano, & Molina-Sánchez, 2018). Otras ventajas destacables son:

- Reducción de la concentración de los gases de efecto invernadero en ámbito urbano.

- Valorización de energía residual procedente de fuentes 100% renovables.

- Mejora de la salud en núcleo urbanos debida a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Otra medida es aumentar la eficiencia energética aumentando la eficiencia en la conducción. Este proyecto se realiza partiendo de un software de recopilación de datos durante un trayecto determinado, en el que se recogen diversos parámetros de la conducción del tren, para analizarlos y determinar cuál es la manera adecuada para optimizar la energía necesaria para el viaje. Esto lo consiguen aprovechando los datos proporcionados por el tren y a través de una buena gestión de los datos por parte del software, aprovechar la orografía del trayecto(Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2017).
- Otro proyecto está basado en las nuevas tecnologías y enfocado al transporte de mercancías. Se trata de sensores situados dentro de los contenedores (López-Martín, Liceaga, Carvajal, & Cortés, 2015), se pueden

controlar diferentes parámetros en el interior del contenedor, para de esta manera poder monitorizar todo el trayecto desde su carga hasta la recepción.

De esta forma se tiene el control sobre la carga transportada, uno de sus beneficios es evitar la modificación de la carga por organizaciones delictivas, mejoras de calidad y salubridad ya que se sabe en qué condiciones (temperatura, humedad...) viene desde su origen; y otro de los objetivos es que el contenedor este geolocalizado en todo momento para mejorar su trazabilidad.

## 6. Conclusiones

En este trabajo se ha mostrado que, pese a que España es el segundo país del mundo en cuanto a kilómetros de red de AV, existe una infrautilización de la capacidad infraestructural. Se trata de un país con una baja densidad poblacional, comparado con otros países con dotaciones infraestructurales similares de líneas de AV. Lo que dificulta generar rutas con una utilización de la capacidad óptima, debido a la densidad de población baja.

Los efectos positivos que justificarían su construcción, como son el impacto económico, el desarrollo regional, la cohesión territorial y la productividad parece que no llegan a ser tales, o al menos no en todos los casos.

A pesar de que los estudios de evaluación de políticas públicas recomiendan no destinar fondos públicos a este tipo de proyectos debido a su baja rentabilidad socioeconómica, el modelo político territorial español ha incentivado el desarrollo acelerado de esta red. Desde esta óptica, se considera que se deberían realizar análisis coste-beneficio *ex ante* elaborados por autoridades independientes que utilicen metodologías de evaluación homogéneas que eviten la sobrestimación de la proyección de la demanda futura o el sesgo hacia las bondades de los efectos ambientales y de cohesión territorial. Estos análisis se tendrían que apoyar en los diferentes agentes sociales afectados, además de expertos en diferentes áreas como puedan ser economía, medioambiente e infraestructuras evitando así su ejecución en base a criterios intangibles, y en muchas ocasiones bastante alejados de la realidad o justificarlas amparándose en unos escenarios muy favorables.

Otro de los puntos básicos en la defensa de la AV, está situado en el marco de la sostenibilidad medioambiental y cómo en comparación a otras alternativas de transporte tanto de mercancías como de pasajeros, emite mucha menor cantidad de dióxido de carbono. Estas bondades medioambientales tienen que ser interpretadas dentro de un marco en el que se deben considerar que las menores emisiones (con condicionantes,

anteriormente explicados) no justificarían su construcción per sé. Para ello habría que obviar el impacto medioambiental generado durante su fase de construcción, centrándose en su función de transporte de pasajeros y de mercancías. Y de cómo si pudiera sustituir al transporte por carretera en ciertas circunstancias favorables, haría disminuir la emisión de gases de efecto invernadero con la consiguiente mejora medioambiental y orientarse con las políticas de transportes sostenibles de la Unión Europea.

Aún en el escenario que se ha descrito, de obviar los impactos ambientales generados por su construcción, en un contexto racionalización presupuestaria y teniendo en cuenta el coste de oportunidad de los recursos públicos habría que comprobar si las costosas inversiones de estos proyectos se justifican con la sostenibilidad ambiental que puede conllevar la construcción de líneas de AV.

Este trabajo no pretende justificar la idoneidad o no de la construcción de líneas de AV, sino poder optimizarlas una vez realizadas. Una vez que estos proyectos son llevados a cabo hay que buscarles un mayor sentido y una forma de conseguirlo es aumentando su eficiencia, democratizando su uso y haciéndolo accesible a todo el mundo, para tratar de que aumente su ocupación media y el uso de la capacidad de las infraestructuras, aumentando así su eficiencia.

Llevar a cabo las propuestas de mejora explicadas en el trabajo, pueden tener o se pueden encontrar con ciertas dificultades:

Aumentar el transporte de mercancías, en la actualidad por líneas de AV, solo es posible por el corredor mediterráneo, el cual lleva retraso en su construcción, su complejidad recae en trayectos en los que se proyecta el tercer carril, encareciendo su construcción, lo que choca frontalmente con las restricciones presupuestarias.

A la par, para conseguir un uso intensivo del corredor, se deben mejorar la conexión con puertos, terminales logísticas y con el resto de Europa en los pasos fronterizos, fomentando así un transporte multimodal e intermodal. Aunque solo con esto no es suficiente, deberá haber unas políticas en sintonía con las promovidas desde la UE hacia el transporte de mercancías por ferrocarril, para reducir así las emisiones de gases contaminantes, estas políticas deben enfocarse a hacer más atractivo este transporte para las empresas, darle visibilidad, para llegar a ser una opción viable y ventajosa, y acompañarlo de una normativa reglamentaria que desincentive el transporte por carretera.

Aumentar el número de pasajeros a través de la competencia con la entrada de empresas privadas para competir con Renfe, lo que provocará una disminución de los

precios de los billetes, haciéndolos más accesibles para el gran público. Previsiblemente será posible a tenor de lo visto en otros países del entorno de España.

En cuanto a las iniciativas tecnológicas, redundarán en una mayor eficiencia en el consumo de energía, a partir de su aprovechamiento u obtención, también se pueden encontrar con barreras, de índole económica, aunque algunas de ellas están en fase expansiva y otras iniciándose, con buenos resultados y perspectivas.

Con todo lo expuesto con anterioridad, y a pesar de que como se ha mostrado, estos proyectos tienen una baja rentabilidad socioeconómica, España debe aprovechar todo el potencial que tiene gracias a la cantidad de kilómetros de red de AV, apoyándose en las políticas de la UE, la cual, está apostando por una transición energética hacia el transporte sostenible, solo falta que estos proyectos no se queden en intenciones y que finalmente cumplan con su objetivo. Por este motivo, con este trabajo se ha pretendido mostrar propuestas orientadas a generar un beneficio para la sociedad y el medioambiente a partir de una reducción de emisiones contaminantes, mediante diferentes soluciones.



## 7. Bibliografía

- (ADIF), A. d. (2010). *Ferrocarril de Alta Velocidad: Vía rápida hacia la movilidad sostenible*. Estrategias Ferroviarias Europeas.
- Albalate, D., & Bel, G. (2011). CUANDO LA ECONOMÍA NO IMPORTA:AUGE Y ESPLENDOR DE LA ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA. *Revista de Economía Aplicada, Número 55 (vol. XIX)*, 171-190.
- Albalate, D., & Bel, G. (2015). *La experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria*. Fedea.
- Albalate, D., Bel, G., & Fageda, X. (2015). When supply travels far beyond demand: Causes of oversupply in Spain's transport infrastructure. *Transport Policy*, 80-89.
- Alonso-Carrera, J., & Freire-Serén, M. J. (2003). Infraestructuras públicas y desarrollo económico regional en España. *X Encuentro de Economía Pública*. Santa Cruz de Tenerife: CIEF.
- Antigüedad, I., Bermejo, R., Hoyos, D., Bel, G., Bueno, G., Capellán-Pérez, I., . . . Larrinaga, J. (2016). *Análisis transdisciplinar del modelo ferroviario de alta velocidad: el proyecto de Nueva Red Ferroviaria para el País Vasco*. Bilbao: Hegoa, Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional.
- Awad, S. (2015). *¿ Podría ser eficiente el ferrocarril español de mercancías?* Fundación Francisco Corell.
- Berrios, A. (2017). El Desarrollo Tecnológico ligado a la sostenibilidad, caso de ADIF. *JORNADA INNOVACIÓN Y TECNOLOGIA FERROVIARIA*. Executive Forum España.
- Betancor, O., & Llobet, G. (2015). *Contabilidad Financiera y Social de la Alta Velocidad en España*. Las Palmas: Universidad de Las Palmas y Fedea.
- Bina, L., Binova, H. B., Kumpost, P., & Padelek, T. (2014). *Comparative Model of Unit Costs of Road and Rail Freight Transport for Selected European Countries*. Praga.
- Burckhart, K. (2007). *Análisis comparativo y evaluación cuantitativa de la intermodalidad del tren de alta velocidad*. Lleida.
- Campos, J., De Rus, G., & Barrón, I. (2009). *El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica*. Fundación BBVA.
- Casares, P., Coto, P., & Mateo, I. (2009). La importancia de la Alta Velocidad sobre el desarrollo de las regiones. Análisis de coste beneficio del AVE Santander-Madrid. *IV Jornadas*. Valencia: Universidad de Cantabria.

- Cincodías. (2 de octubre de 2019). *cincodias.elpais.com*. Obtenido de *cincodias.elpais.com*:  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/10/01/companias/1569956615\\_825396.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/10/01/companias/1569956615_825396.html)
- CNMC. (18 de enero de 2019). *CNMC Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia 2019*. Obtenido de CNMC Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia 2019:  
<https://www.cnmc.es/node/373112>
- Colomer, M., Cuenca, L., Garí, M., & Vilallonga, A. (2012). *Job generation in sustainable freight in land transport*. Institute of Work, Environment and Health (ISTAS).
- Corridor, R. F. (2018). *Mediterranean Corridor RFC6 IMPLEMENTATION PLAN*.
- Coto-Millán, P., Casares-Hontañón, P., San Millán, D., & Agüeros Sánchez, M. (2013). Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia. *XX Encuentro Economía Pública: Estado del bienestar : sostenibilidad y reformas*. Sevilla.
- Cruz, J. (2017). LA POLÍTICA FERROVIARIA EN ESPAÑA. BALANCE DE SU PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS ÚLTIMOS TREINTA AÑOS. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 74*, 333-359.
- de Jong, J., Ferdinandusse, M., Funda, J., & Igor, V. (2017). *The effect of public investment in Europe: a model-based assessment*. ECB Working Paper 2021.
- De Rus, G. (2009). *Efectos económicos indirectos y efectos económicos adicionales*. Evaluación Económica de Proyectos de Transporte.
- De Rus, G. (2012). *Economic evaluation of the High Speed Rail*.
- De Rus, G. (2015). *La política de infraestructuras en España: Una reforma pendiente*. Fedea Policy Papers.
- De Rus, G., & Román, C. (2006). ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD: MADRID-BARCELONA. *Revista de Economía Aplicada Número 42 (vol. XIV)*, 35-79.
- De Rus, G., & Socorro, M. (2018). *Planning, evaluation and financing of transport infrastructures: Rethinking the basics*. Fedea.
- Españoles, F. d. (2 de marzo de 2020). *vialibre-ffe.com*. Obtenido de *vialibre-ffe.com*:  
<https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=28977>
- Europea, C. (2008). *Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession*.

- Europea, C. (2010). *Europa 2020. Una Estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*.
- Europea, C. (2014). *Comprender las políticas de la Unión Europea: Transporte*. Bruselas.
- Europeo, T. d. (2016). *Transporte de mercancías por ferrocarril en la UE: todavía no avanza por la buena vía*. Luxemburgo.
- Farinós, J. (2007). *PLANIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL*. Valencia: Departamento de Geografía e Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local (Universidad de Valencia).
- Flyvberg, B., Skamris, M. K., & Buhl, S. L. (2014). *How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects? The Case of Transportation*. Aalborg: Department of Development and Planning, Aalborg University.
- Fomento, M. d. (2012). *El transporte por carretera y la intermodalidad*.
- Fomento, M. d. (2014). *Informe de la Comisión técnico-científica para el estudio de mejoras en el sector ferroviario*.
- Fomento, M. d. (2014). Plan de infraestructuras, transporte y vivienda (PITVI 2012-2024).
- Fomento, M. (s.f.). *El transporte por carretera y la intermodalidad*.
- Fundación de los Ferrocarriles Españoles. (25 de Julio de 2017). Recuperado el 13 de Mayo de 2020, de <https://www.vialibre.org/noticias.asp?not=22273&cs=mate>
- García Álvarez, A. (2007). Consumo de energía y emisiones del tren de alta velocidad en comparación con otros medios de transporte la extensión de la red AVE mejora la sostenibilidad del transporte. *Anales de mecánica y electricidad*, 26-34.
- García Álvarez, A. (2011). Efectos en el diseño y en la explotación del carácter troncal de la red de alta velocidad. . 360. *Revista de alta velocidad/número 1*.
- García Nicolás, C. (2016). La competitividad territorial y el Plan Europeo de Inversiones frente a la desigualdad regional. *Investigaciones Regionales*, 35, 177-201.
- García, A., & Martín, M. P. (2008). *Análisis sistemático del consumo energético en líneas ferroviarias metropolitanas, de cercanías y de alta velocidad, con valoración del impacto energético y del resultado económico, incluyendo el desarrollo y contraste de modelos y simuladores parametriza*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

- Garrido, J. (1999). *IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES Y SOCIALES DEL TRANSPORTE*. Zaragoza: Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Guirao, B., Berrios, A., Lezcano, J., & Molina-Sánchez, R. (2018). *Oportunidades para el coche eléctrico compartido en las estaciones ferroviarias: un ejemplo de sostenibilidad urbana*.
- Gútiérrez Puebla, J. (2005). El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*. 5, 199-221.
- Gutierrez, A., & Ortuño, A. (2017). *High speed rail and coastal tourism: Identifying passenger profiles and travel behaviour*. Wen-Bo Du, Beihang University, CHINA.
- Gutierrez, J. A., Naranjo, J. M., Jaraíz, F. J., & Ruiz, E. E. (2015). ESTIMACIÓN DE LA COHESIÓN SOCIAL EN LOS MUNICIPIOS ESPAÑOLES TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA. *Boletín de la Asociación de los geógrafos españoles*, nº 69, 113-138.
- HEATCO. (2006). *Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*. . Comisión Europea.
- Herics, O., Obermayr, T., Puricella, P., T'Joel, L., Bode, M., Böckem, D., . . . Smid, M. (2018). *Red ferroviaria europea de alta velocidad: no una realidad, sino un sistema fragmentado e ineficaz*. Tribunal de Cuentas Europeo.
- Hernández de Cos, P. (2020). *EL IMPACTO DEL COVID-19 EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA*. Madrid: Banco de España.
- Hernández, A. (2012). *Los efectos territoriales de las infraestructuras: La inversión en redes de Alta Velocidad Ferroviaria*. Fedea.
- Hoyos, D., Bueno, G., & Capellán-Pérez, I. (2016). Environmental assessment of high-speed rail. En D. Albalade, & G. Bel, *Evaluating High-Speed Rail* (págs. 119-139).
- Institute, E. a. (19 de julio de 2018). *EESI*. Obtenido de <https://www.eesi.org/papers/view/factsheet-high-speed-rail-development-worldwide>
- Kageson, P. (2009). *Environmental Aspects of Inter-City Passenger Transport*. Estocolmo: JOINT TRANSPORT RESEARCH CENTRE.
- Liudvinavičius, L., & Lingaitis, L. P. (2007). Transport: Electrodynamics braking in high-speed rail transport. Vilnius.
- Llevat, M., & Llobet, G. (2016). *El Futuro del Ferrocarril de Mercancías en España*.

- López, D. (2012). *Estudio del aprovechamiento de la energía regenerada por los trenes*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- López-Martín, A., Liceaga, A., Carvajal, R. G., & Cortés, P. (2015). Ecosistema inteligente para un transporte de mercancías sostenible, seguro e integrado. *Conference: XXX Symposium Nacional de la Unión Científica*. Universidad Pública de Navarra y Universidad de Sevilla.
- Magariño, J. (31 de julio de 2020). *www.cincodias.elpais.com*. Obtenido de *www.cincodias.elpais.com*:  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/07/31/companias/1596188962\\_314379.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/07/31/companias/1596188962_314379.html)
- Martín Cabo, S. (2015). *La red española de alta velocidad: estructuración, expansión e impactos derivados*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Martín Cañizares, M. d. (2011). Determinación de la velocidad óptima de los trenes de muy alta velocidad para minimizar las emisiones de dióxido de carbono en un corredor. 360. *Revista de alta velocidad. número 1*.
- Matas, A., Raymond, J. L., González-Savignat, M., & Ruiz, A. (2009). *Predicting the demand: Uncertainty analysis and prediction models in Spain*. CEDEX.
- Mesa, L. E., Martín, S., Urbina, V., Fernández, E. J., & Manzano, G. (2018). *Observatorio del Ferrocarril en España*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Ministerio de Transportes, M. y. (10 de julio de 2020). <https://www.mitma.gob.es/>. Obtenido de <https://www.mitma.gob.es/>:  
<https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline/?nivel=2&orden=07000000>
- Monzón, A. (2008). "EL DEBATE DE LA INTERNALIZACIÓN DE LOS COSTES EXTERNOS DE LA MOVILIDAD". *CONAMA 8*, (págs. 1-9). Madrid.
- Monzón, A., López, E., & Ortega, E. (2018). Impactos del AVE en la cohesión territorial: Un análisis de los cambios en la accesibilidad en el periodo 1990-2015. 360. *Revista de Alta Velocidad*, nº 6, 405-415.
- Muñoz, C. (2016). Una nueva Política Europea de Infraestructuras de Transporte: El Mecanismo Conectar Europa. *Revista Universitaria Europea Nº 24*, 71-94.
- Muñoz, C. (2017). La importancia del Corredor Mediterráneo en la interacción entre la logística y la industria. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 295-320.

- Muñoz, C. (2018). El modelo político territorial como factor explicativo del desarrollo acelerado de la alta velocidad en España:revisión y propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 77, 111-147.
- Muñoz, C., Barreiro, F., & Inglada, V. (2014). Análisis económico del Corredor Ferroviario Mediterráneo en el marco de la Red Transeuropea de Transporte. *Revista Universitaria Europea* Nº 20.
- Naranjo Gómez, J. M. (2015). *Estimación de la cohesión social de los municipios españoles peninsulares tras la implantación de la alta velocidad ferroviaria*. Cáceres, España.
- Nash, C. (2013). When to Invest in High Speed Rail. *The Economics of Investment in High-Speed Rail*. New Delhi: Institute for Transport Studies.
- Noda, T., & Koseki, T. (2010). *Full Regenerative Braking in a Train at High Speed and Enhancement of Voltage, Powered by DC-electrification with Regenerative Substations*. Tokio.
- Petalas, Y. G., Ammari, A., Georgakis, P., & Nwagboso, C. (2017). A Big Data Architecture for Traffic Forecasting Using Multi-Source Information. *International Workshop of Algorithmic Aspects of Cloud Computing* (págs. 65-83). AARHUS: Springer, Cham.
- Puga, D. (2001). European regional policies in light of recent location theories. *Globalization and the Location of Economic Activities*. Sitges: Department of Economics, University of Toronto.
- Renfe. (5 de septiembre de 2019). *saladeprensa.renfe.com*. Obtenido de saladeprensa.renfe.com: <https://saladeprensa.renfe.com/el-tren-de-noe-llega-a-espana/>
- Saladié, Ò., Gutierrez, A., & Clavé, S. A. (2016). Influencia de la alta velocidad ferroviaria en la elección del destino turístico según el origen de los pasajeros. El caso de la Costa Dorada en Cataluña. *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 2018, vol. 64/2, 339-364.
- Sánchez-Ollero, J. L., García-Pozo, A., & Marchante-Mera, A. J. (2014). UNA APROXIMACIÓN AL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA EN ANDALUCÍA. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* N.º 64 págs. 341-35, 341-356.
- Sanz, I., de Peñaranda, I., Enguix, J. C., & Mas, J. (2013). *Transporte ferroviario de mercancías*. Barcelona: Marge Books.

Semprún, Á. (2 de julio de 2020). *www.eleconomista.es*. Obtenido de *www.eleconomista.es*:  
<https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/10643392/07/20/Renfe-pierde-183-millones-y-la-mitad-de-los-pasajeros-por-la-pandemia-del-covid.html>

Transporte, S. G. (2019). *Observatorio del Transporte y la Logística en España*.

UIC. (2018). *High Speed Rail.FAST TRACK TO SUSTAINABLE MOBILITY*.

UIC. (5 de junio de 2020). *www.uic.org*. Obtenido de *www.uic.org*:  
[http://www.uic.org/IMG/pdf/20100521\\_a1\\_high\\_speed\\_lines\\_in\\_the\\_world.pdf](http://www.uic.org/IMG/pdf/20100521_a1_high_speed_lines_in_the_world.pdf)

UOTC, & ASTIC. (2017). *¿ Por qué no nos gusta este corredor mediterráneo para el transporte de mercancías?*

Utor, A. (3 de Abril de 2018). *Cadena de Suministro*. Obtenido de  
<https://www.cadenadesuministro.es/noticias/valencia-y-algeciras-se-situan-entre-los-50-puertos-que-mas-contenedores-mueven-del-mundo/>

Vasallo, J. M., Ortuño, A., & Betancor, O. (2017). *Estudios sobre la Economía Española - 2017/14.Las cuentas del transporte en España*. Fedea.

Velocidad, A. A. (31 de julio de 2018). <http://www.adifaltavelocidad.es/>. Obtenido de  
<http://prensa.adif.es/nde/u08/GAP/Prensa.nsf/Vo000A/FE77AA9EC691EF1DC12582DB002C1508?OpenDocument>

Velocidad, A. A. (2020). *Declaración sobre la Red 2020*.

Westin, J., & Kageson, P. (2012). Can high speed rail offset embedded emissions? *Transportation Research Part D 17*, 1-7.

*www.adif.es*. (2013). Recuperado el 11 de Mayo de 2020, de  
[http://www.adif.es/en\\_US/comunicacion\\_y\\_prensa/fichas\\_de\\_actualidad/ficha\\_actuacidad\\_00072.shtml](http://www.adif.es/en_US/comunicacion_y_prensa/fichas_de_actualidad/ficha_actuacidad_00072.shtml)