

MÁSTER EN SISTEMAS FERROVIARIOS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Análisis de adecuación de diferentes tipos de material rodante urbano a las necesidades actuales de Renfe

Autor: Isabel Viejo Lucio-Villegas

Director: Fernando Sunyer McLennam

MADRID

JULIO 2018

FICHA TÉCNICA

Análisis de adecuación de diferentes tipos de material rodante urbano a las necesidades actuales de Renfe

Alumna: Isabel Viejo Lucio-Villegas

Director: Fernando Sunyer MacLennan

Programa cursado: Máster en Sistemas Ferroviarios

Curso académico: 2017/18

Descripción breve del trabajo de fin de máster:

Renfe plantea lanzar un pliego para la adquisición de trenes de Cercanías para sus diferentes núcleos. Dado que las necesidades de movilidad de los usuarios de trenes de Cercanías continúan evolucionando, el planteamiento es realizar un análisis crítico al material rodante disponible en el mercado y en base a los criterios establecidos por Renfe, analizar su adecuación al mismo, planteando ventajas e inconvenientes de cada tipo de tren.

Madrid, 5 de julio de 2018

ALUMNA



Isabel Viejo Lucio-Villegas

DIRECTOR



Fernando Sunyer MacLennan

ÍNDICE

1	Introducción.....	6
2	Objetivos	8
3	Tareas	9
4	Planificación.....	10
5	Desarrollo.....	11
5.1	CERCANÍAS EN ESPAÑA	11
5.1.1	Operación e infraestructura de la red	11
5.1.2	Criterios básicos para un tren	12
5.1.3	Usuarios.....	13
5.2	NECESIDADES PASADAS DEL OPERADOR	15
5.3	NECESIDADES ACTUALES DEL OPERADOR.....	18
5.3.1	Renovación de la flota.....	18
5.3.2	Real Decreto Ley: Accesibilidad.....	19
5.4	CONCEPCIÓN DE UNA NUEVA PLATAFORMA DE TRENES	21
5.4.1	Planificación.....	21
5.4.2	Modo de licitación.....	21
5.4.3	Requisitos del operador	22
5.4.3.1	Electric Multiple Unit	22
5.4.3.2	Arquitectura articulada.....	23
5.4.3.3	Mayor accesibilidad	23
5.4.3.4	Trenes más capacitivos	24
5.4.3.5	Menores costes	28
5.4.3.6	Señalización	31
5.4.3.7	Tracción eléctrica o diésel.....	31
5.4.3.8	Medidas del consumo energético	32
5.4.3.9	Experiencia del viajero.....	32

6	Conclusiones	36
7	Aportaciones	39
8	Referencias.....	40
	ANEXO I – Trenes de Cercanías Históricas.....	42
	ANEXO II – Cronograma del proyecto	47
	ANEXO III – Tren OMNEO de Bombardier	48
	ANEXO IV – Mapa conceptual	50

Agradecimientos

“A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara una gota.”
Madre Teresa de Calcuta

A Fernando, por toda la ayuda.

A mis compañeros del máster, por este camino recorrido juntos.

A mis padres, por todo.

1 Introducción

Las redes de Cercanías de Renfe, presentes en varios puntos de la geografía española, ha experimentado una evolución en los últimos años y Renfe plantea lanzar un pliego para la adquisición de trenes de Cercanías para sus diferentes núcleos. Mediante el llamado “Plan Integral de Accesibilidad para trenes, estaciones y servicios ferroviarios”, Renfe contempla adquirir nuevos vehículos totalmente accesibles, entre otras acciones, dentro del compromiso de la empresa por la accesibilidad universal.

Si bien es importante plantear esta compra con el objetivo de la accesibilidad universal, es también vital ponerla en un contexto social. A juzgar por los datos del Observatorio de Movilidad [6], es muy importante aumentar la conciencia de las últimas generaciones hacia el fundamental papel del Transporte Público local en las estrategias de movilidad y desarrollo urbano sostenible. Las características de operación son muy diferentes entre Asturias, Málaga, Madrid o Barcelona. Sin embargo, uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la sociedad de hoy, es que en las áreas metropolitanas españolas se está produciendo un fenómeno de dispersión urbana, que conduce a unos patrones de movilidad más dependientes del coche. Asimismo, la dispersión de actividades en la periferia urbana, e incluso en la corona metropolitana, da lugar a distancias de viaje más largas, a mayores tiempos de viaje y a un mayor uso del vehículo privado (Figura 1).

Este planteamiento urbano es más difícil de atender con la calidad adecuada por un sistema de transporte público, lo que supone un reto a asumir en el futuro por parte de los responsables de planificación urbana y de transportes de las distintas administraciones competentes. La popularidad de las Cercanías ha decaído a nivel popular debido al deterioro que sufre actualmente las diferentes redes, especialmente en Madrid y Barcelona: una sucesión de retrasos, interrupciones, etc. Por eso, bajo este punto, la próxima renovación de la flota de los trenes de Renfe, junto con mejoras por parte del administrador de infraestructura, pueden dar lugar a un servicio mucho más atractivo para los usuarios que pueda contribuir a una sociedad mucho menos dependiente de vehículo privado.

En este contexto, es importante observar cómo el entorno urbano está cambiando de forma trascendental, conduciendo a lo que hoy se conoce como “Smart City”, un lugar donde se integran de forma efectiva los sistemas físicos, digitales y humanos, y que giran en torno a una red de transporte público. El objetivo que persiguen estas “ciudades inteligentes” es facilitar la vida a los ciudadanos, usando para ello tecnologías adaptadas a sus necesidades, como tarjetas inteligentes o aplicaciones móviles que integran todos los servicios de transporte y promueven la intermodalidad. Sin embargo, el camino hacia las “Smart Cities” pasa por la responsabilidad de

construir un entorno mucho más respetuoso con el medioambiente reduciendo la contaminación del aire y las emisiones nocivas.

Las ventajas ambientales además de otros factores económico y sociales tales como la accidentalidad y la congestión (un solo tren de Cercanías en doble composición evita hasta tres kilómetros de atasco en autovía) hacen que el transporte por ferrocarril en España sea el modo de transporte que por unidad transportada genera menores costes externos: 5 veces menos que el transporte por carretera de mercancías, 3 veces menos que el transporte por carretera de viajeros, 2 veces menos que la aviación. [16]

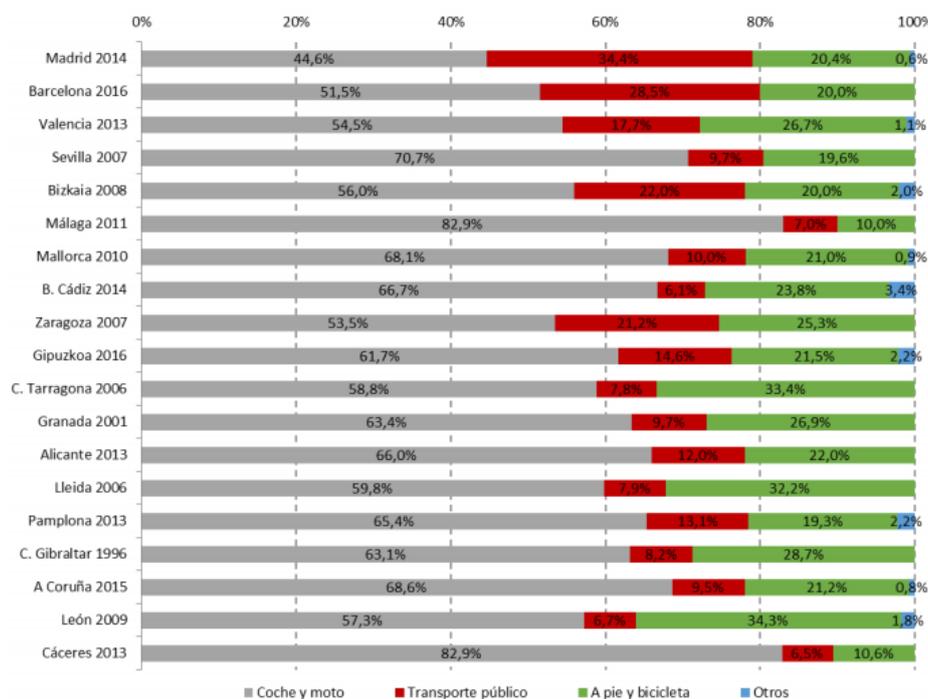


Figura 1. Datos del Observatorio de Movilidad referidos a los medios de Transporte

Pero para llegar al futuro, es importante conocer el pasado, así que por todo lo comentado anteriormente, este trabajo pretende abordar una comparativa entre el pasado y el presente, para conocer las prestaciones técnicas que el material rodante tuvo, tiene y tendrá. Este análisis permitirá descubrir cuáles son las necesidades actuales del servicio de Cercanías, qué deficiencias tiene y qué soluciones existen en el mercado para cubrirlas.

2 Objetivos

Renfe plantea lanzar un pliego para la adquisición de trenes de Cercanías para sus diferentes núcleos. Dado que las necesidades de movilidad de los usuarios de trenes de Cercanías continúan evolucionando, el planteamiento es realizar un análisis crítico al material rodante disponible en el mercado y en base a los criterios establecidos por Renfe, analizar su adecuación al mismo, planteando ventajas e inconvenientes de cada tipo de tren.

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Cabal entendimiento y priorización de las necesidades de un gran operador de transporte urbano por ferrocarril (Renfe).
- Estudiar las diferentes soluciones aplicadas por los principales fabricantes implantados en el mercado español: material rodante de Alstom, Bombardier, CAF, Siemens, Stadler, Talgo.
- Realizar un análisis crítico sobre los trenes y comparativo de los mismos en base a las necesidades de Renfe y sugerencias para una mejor adecuación.

3 Tareas

Para la consecución de los objetivos marcados en el presente Trabajo Final de Master el trabajo se dividió en las siguientes tareas:

- El estudio de necesidades actuales de Renfe y su priorización.
- El estudio de mercado sobre los trenes susceptibles de adecuarse a la RFIG.
- La recopilación de información sobre características técnicas de los diferentes trenes objeto de estudio.
- El análisis detallado de la adecuación de este material rodante: puntos fuertes y débiles.
- Las conclusiones sobre las soluciones existentes en el mercado.

4 Planificación

El plan de trabajo ha sido el siguiente:

Tareas	2017				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Estudio de necesidades actuales de Renfe y su priorización.	■				
Estudio de mercado sobre los trenes susceptibles de adecuarse a la RFIG.		■			
Recopilación de información sobre características técnicas de los diferentes trenes objeto de estudio.			■		
Análisis detallado de la adecuación del material rodante: puntos fuertes y débiles.				■	
Fin de la redacción y conclusiones					■

5 Desarrollo

5.1 CERCANÍAS EN ESPAÑA

5.1.1 Operación e infraestructura de la red

La red de Cercanías de España, presente en muchos puntos del territorio (Figura 2), está concebida para unir los diferentes núcleos de una misma área metropolitana. Sus trenes se caracterizan por ser de gran capacidad y frecuencia, orientados a viajes de ida y vuelta en el mismo día y con horarios cadenciados, realizando trayectos interurbanos de corta distancia, que exceden en capacidad, longitud y duración a los cubiertos por los sistemas de metro y tranvía, todo ello con total seguridad y una altísima disponibilidad.

Las líneas de cercanías de España, cuya explotación tiene asignada Renfe, son líneas ferroviarias de características técnicas, de explotación y de demanda muy diferentes entre sí. En efecto, estas líneas tienen entre si grandes diferencias geográficas (longitud, número y características de rampas y curvas, distancia entre estaciones, etc.), de explotación (vía única, vía doble, velocidades máximas, etc) y de demanda (líneas con grandes aglomeraciones en hora punta con necesidades de transportar más de 30000 viajeros por hora en un sentido, tráficos muy débiles con necesidades de 500 viajeros por hora, en otras líneas, etc).

Ciudad	Pob (2017)
Madrid	3.166.000
Barcelona	1.609.000
Valencia	790.201
Sevilla	690.566
Zaragoza	661.108
Málaga	569.009
Murcia	441.003
Bilbao	345.122
Alicante	330.525
Gijón	273.422
L'Hospitalet de Llobregat	254.804
Badalona	215.634
Elche	227.659
Oviedo	220.567
Cartagena	214.759
Mostoles	205.614
Alcala de Henares	195.907
Terrassa	215.121
Jerez de Frontera	212.830
Sabadell	208.246



Figura 2. Red de cercanías de España.

La población que hace uso de este servicio, es muy diferente de una ciudad a otra, registrándose el mayor núcleo en la Comunidad de Madrid, donde por destacar algunos datos, realiza cada día 1.326 viajes con 276 vehículos y mueve en cada jornada una media de 900.000 pasajeros entre 92 estaciones, con una velocidad comercial de 50 kilómetros por hora.

Este trabajo se centra en los trenes de cercanías que circulan por vías completamente electrificadas, alimentados por una tensión de 3000 V y cuya infraestructura se caracteriza por tener vías de ancho ibérico (1668 mm) y una altura de plataforma con altura de referencia de 760 mm y andenes de 200 metros. Los sistemas de señalización principales en vía son el ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático) aunque algunas vías cuentan ya con el sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System).

Es importante anotar que esta red de Cercanías, sobre la que se habla a lo largo del presente trabajo, no incluye la Red Ancho Métrico (RAM) existente en el norte de España. La RAM es una red con unas características de infraestructura diferentes y dado que posee tramos sin electrificar, presenta radios de curva y pendientes más agresivas, con un ancho de vía métrico. Hoy por hoy, esta red contempla otros estudios, como por ejemplo ubicar trenes eléctricos que permitan circular por zonas sin electrificar, trenes con unas baterías capaces de cubrir los kilómetros de tramo sin electrificar gracias a baterías.

5.1.2 Criterios básicos para un tren

El servicio de cercanías debe de cumplir unos criterios de especial relevancia para que el sistema que engloba funcione con las prestaciones más altas.

El más importante y que debe de prevalecer, ante todo, es la **seguridad**, tanto activa como pasiva. Resulta imposible hablar de un tren que no cumpla las máximas en esta materia por lo que cualquier nuevo tren que se vaya a adquirir para dar servicio deberá primar este criterio por encima del resto.

De la misma forma que se habla de seguridad, el vehículo elegido deberá de contar con una **altísima disponibilidad**. Bien es sabida la importancia de las cercanías en las ciudades, conocidos casos en los que un fallo en este servicio repercute de forma notable en toda un área metropolitana, produciendo atascos, accidentes y un caos generalizado difícilmente gestionable.

El **mínimo consumo energético posible por viajero/ km** y el **máximo respeto por el medio ambiente**, son particularidades de especial relevancia que comparten hoy en día todos los medios de transporte especialmente en las áreas metropolitanas, donde un tren de cercanías efectúa su servicio. Estas redes de Cercanías están electrificadas y siendo la energía eléctrica más limpia y los equipos de tracción más fáciles de mantener, además de haber importantes tramos en túnel, no puede considerarse una tracción basada en motores de combustión interna.

Si bien los puntos anteriores son de máxima importancia y se han de considerar como criterios intrínsecos para ofrecer un servicio de cercanías, no hay que olvidar otros criterios orientados a la propia experiencia del pasajero que es quien finalmente disfruta del servicio que Renfe como operadora ofrece. Por eso, hay que valorar un factor que en un pasado a lo mejor no contó con la importancia que hoy merece y que hoy justifica en parte el desembolso que Renfe pretende hacer: **la accesibilidad**.

Mencionadas ya la seguridad, la disponibilidad, el consumo energético y la accesibilidad, se podría decir que estos son los cuatro parámetros esenciales para que un tren ofrezca un servicio de cercanías propio del siglo XXI. Sin embargo, el sistema como un todo debe de abarcar otras particularidades no menos significativas y que son las que hacen el servicio atractivo y valorado por el usuario. Por eso, es muy importante destacar qué expectativas tiene el viajero sobre este servicio.

Hay que conseguir que la gente tenga menos dependencia del coche y viaje más en transporte público, para lo que hacer trenes atractivos que sean limpios, luminosos, seguros, etc. que permitan al pasajero aprovechar el tiempo de desplazamiento en lo que quiera y no sea un tiempo muerto, si no de ocio o trabajo.

5.1.3 Usuarios

Los usuarios que hacen uso de la red de cercanías ponen en valor su servicio. Es muy importante tener presente, que el servicio que se les ofrece no es trasladarlos de A a B en un trayecto en tren, si no que para el viajero la experiencia con el servicio es una suma de tiempos que comienza con la preparación del viaje y que no termina al salir de la estación, sino que continua en otros modos de transporte a menudo. Un rol importante hoy en día para el usuario es la importancia de la interoperabilidad. Le gusta tener acerca de otros modos de transporte, las conexiones existentes, horarios, las distancias, etc.

Si algo hay que destacar, es que a los viajeros no les gusta la incertidumbre. Quieren que el servicio sea fácil, les de confianza y certidumbre sobre el tiempo del viaje, por eso desean encontrarse con una estación bien señalizada al llegar a sus andenes. Esperan que el tiempo que pasan en la estación sea una experiencia agradable: sensación de ser un lugar limpio, seguro, con paneles que indiquen con claridad cuando y a qué andén vienen los trenes, etc. En el momento de subir y bajar del tren, quieren que sea un trámite corto, sin aglomeraciones y con un tráfico fluido, y una vez subidos al tren, confían en tener una buena experiencia abordo, que vendrá dada por una serie de prestaciones que se detallarán más adelante en esta memoria.

Lo que hace un servicio de Cercanías atractivo para el usuario o, por el contrario, una experiencia desagradable es, en resumidas cuentas, todo un conjunto de detalles en el tiempo de viaje. Por eso, aunque este trabajo se centra en necesidades actuales del material rodante, cabría contemplar a su vez mejoras en estaciones, porque el sistema funciona en conjunto y no de forma independiente, y así lo valora el usuario.



Figura 3. Tiempos que contempla el usuario del viaje.

5.2 NECESIDADES PASADAS DEL OPERADOR

A lo largo de la vida del servicio de Cercanías en España, los requisitos que el operador ha ido pidiendo para renovar los trenes han sido diferentes con los años y bastante diferenciados. Las necesidades de transporte planteadas por la existencia a lo largo del siglo pasado, por fuertes conurbaciones urbanas en los alrededores de las grandes ciudades españolas, necesidades que demandan entre otras, y como exigencias básicas, la de una mayor frecuencia de servicios en hora punta, mayor fiabilidad y disponibilidad de los trenes, un menor tiempo de recorrido, y un superior nivel de confort, hicieron que Renfe fuese renovando la flota a lo largo de los años, lo que permitió grandes avances tecnológicos (ANEXO I).

Sin embargo, las necesidades más próximas a los tiempos de hoy y cabe comentar detalladamente, son las que Renfe asumió en torno al año 2000 al plantearse una nueva plataforma de trenes desarrollada conjuntamente con fabricantes. En ese momento, el futuro que tenía que asumir la nueva plataforma, era consecuencia de:

- La inauguración de nuevas infraestructuras entre los años 2002 y 2007.
- El incremento de la demanda que crecía desde el año 1990 a un ritmo medio anual superior al 7%.
- La disminución de trenes que ocurriría, a partir del año 2003, como consecuencia de que algunas series llegaban al fin de su vida útil y tendrían que ser retiradas en su totalidad en un corto periodo de tiempo.

La definición y desarrollo de la ampliación y renovación del parque de trenes de cercanías, se basó en una política de desarrollo tecnológico que supuso la implementación de las más importantes innovaciones tecnológicas que existían, o se habían desarrollado en esos últimos años el mundo ferroviario, o en campos afines. Esta política de desarrollo tecnológico alcanza su cenit en el tren CIVIA, el cual podía considerarse como el más avanzado tecnológicamente, de los trenes de cercanías que circulaban por Europa.

Este nuevo tren tenía como idea básica, la de conseguir un diseño moderno y agradable que mejorase el confort y la calidad del transporte ofrecido hasta entonces, gracias a la introducción masiva de las más modernas tecnologías, propiciase la consecución de unas prestaciones técnicas y comerciales óptimas, y con las cuales se obtuviese una elevada eficiencia, tanto técnica como económica.

Esta nueva filosofía contemplaba a su vez la satisfacción de los deseos y necesidades de los clientes en los diversos sondeos y encuestas realizadas para conocer sus opiniones. La plataforma CIVIA a desarrollar debía de romper con el molde clásico de los Trenes de Cercanías hasta

entonces, gracias a un diseño moderno, novedoso y en línea con las tendencias estéticas, lo que, junto con la introducción masiva de tecnologías de última generación, convertirían al tren CIVIA en uno de los líderes en el campo del material rodante, en lo que se refiere a calidad, prestaciones y eficiencia. Los principales objetivos que por aquel entonces tenía el tren CIVIA eran los siguientes:

- Mejorar el confort, la calidad del servicio y las prestaciones de información al viajero.
- Incrementar de la fiabilidad y disponibilidad del tren y de todos sus equipos.
- Disminuir los costes energéticos y de explotación.
- Respetar el medio ambiente.

La implementación de estos objetivos dio lugar a que, entre otros, el tren CIVIA, satisficiera los siguientes principios:

- Composición idónea del tren en función de la línea y la demanda de la misma. (MODULARIDAD).
- Mejora del confort y de la calidad de la marcha.
- Aligeramiento del tren.
- Innovación tecnológica en todos los sistemas y equipos del tren.
- Información total de equipos de potencia, control y auxiliares.
- Optimización de las prestaciones de los sistemas de información al viajero y de la seguridad activa y pasiva del tren.
- Transmisión de voz y datos de los puestos de Control y Talleres.

Existía, así mismo, otro objetivo básico, y que era el de conseguir que los trenes CIVIA, pudiesen atender de una forma óptima la demanda de todas las líneas de Cercanías de España y que como se sabe es muy variada. Para ello, la plataforma CIVIA, está concebida modularmente y tal que son 3 tipos de coche, si bien la tracción está diseñada para alcanzar el óptimo de prestaciones con configuraciones de 4 coches. Con esta fórmula se consiguen trenes idóneos para cada tipo de línea y demanda y a la vez optimiza los resultados económicos de la explotación, al evitar por un lado, la circulación de trenes semivacíos, y así eliminar el correspondiente “derroche” energético, y de mantenimiento y otro por poder adquirir el mismo tipo de tren para todas las líneas, por lo que minimiza el coste de adquisición, al poder aprovechar el efecto serie de un mayor pedido de trenes con coches iguales y los costes de mantenimiento. Asimismo, permite, ante escenarios de demanda crecientes, incrementar la capacidad de los trenes a lo largo de su vida con una inversión mínima.

Todos los trenes CIVIA, sea cual sea su número de coches, tienen aproximadamente las mismas prestaciones técnicas, los mismos sistemas de potencia, de control, de auxiliares y de información al viajero, y similares prestaciones de tracción y frenado, diferenciándose básicamente en su capacidad de transporte. A su vez, cualquier tren CIVIA puede circular acoplado y con mando múltiple con otro tren CIVIA de igual o diferente número de coches y sin ninguna restricción, hasta una configuración de tres unidades.

Esta solución de la modularidad, está facilitada y complementada por la disposición de los bogies intermedios, sobre los cuales se apoyan los extremos de las cajas, y no de una sola que hasta entonces era la solución habitual de los trenes de Cercanías por razones técnicas originadas por el peso por eje máximo admisible por razones de vía.

La utilización de los bogies compartidos permite, además de facilitar la modularidad, el disminuir el número de bogies del tren CIVIA, y consecuencia los costes de mantenimiento (que en torno a un 30% se deben al mantenimiento de los bogies), disminuir el peso total del tren, en comparación con otros trenes que utilizan la fórmula tradicional de apoyar cada caja del tren sobre dos bogies.

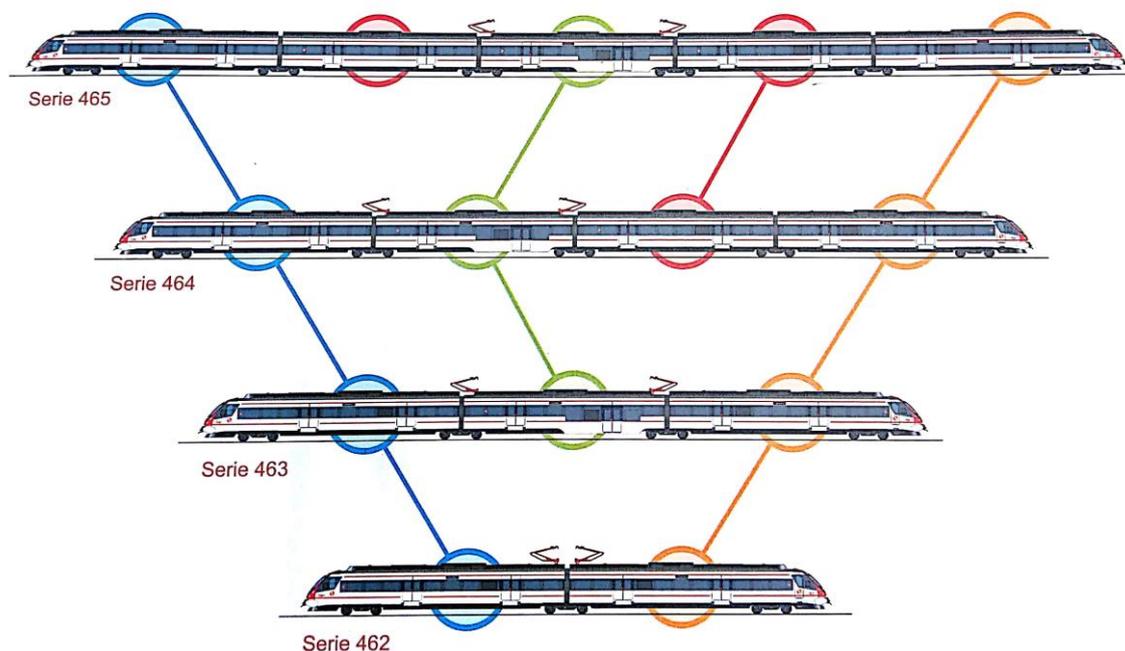


Figura 4. Modularidad en los trenes CIVIA.

5.3 NECESIDADES ACTUALES DEL OPERADOR

5.3.1 Renovación de la flota

Algunas de las series de trenes empiezan a llegar a sus últimos años (446, 447, 450) y, aunque existe una flota de trenes Civia con una edad de vida relativamente joven, surge renovar la flota de cara al futuro.

La compra que Renfe debe hacer como contratista, abarca unos plazos desde que se gestiona la licitación, se estudian las ofertas y empieza su ejecución que se puede demorar un tiempo. El desarrollo de una nueva plataforma puede durar 3 o 4 años, en los que se conceptúe el producto, se fabrique y de homologue. En ese tiempo, la flota de trenes viejos estará prácticamente en el fin de su ciclo de vida y la sociedad demandará un servicio mucho más moderno y adaptado a la época con unas prestaciones mucho más exigentes que las actuales.

La forma en la que el operador base sus necesidades podría venir dada por el nuevo planteamiento de análisis de costes en aquellas propiedades que comprenden un largo ciclo de vida, como es en este caso, un tren. Si antiguamente el coste total del tren se media por el precio de venta del mismo en su momento de compra, hoy por hoy, la adquisición se base en un modelo de coste de propiedad. Este concepto llamado “Total Cost of Ownership” en inglés, ayuda a las empresas evaluar los costes directos e indirectos que están relacionados con la compra de cualquier activo de capital. El “Total Cost of Ownership” ofrece un resumen final que refleja no sólo el coste de la compra sino aspectos del uso del mantenimiento y de su consumo energético.

En una sociedad en la que la relación calidad precio se ha convertido en uno de los criterios importantes en un mercado cada vez más competitivo, el coste total de propiedad se utiliza para tomar decisiones de adquisición evaluando el valor de cualquier tipo de capital, a partir de unos requisitos de diseño, producción, operación y mantenimiento hasta su eliminación del mercado. Es una filosofía que sirve para comprender el verdadero valor de comprar un producto de un proveedor particular y es una tendencia de analizar los costes que se extiende cada vez a más áreas de sectores tanto públicos como privados, porque ayudan a tomar decisiones en cuanto a la planificación del presupuesto. Intervienen factores para esta evaluación como el consumo energético, o el requerimiento de adecuaciones especiales en la infraestructura o costes asociados a la disponibilidad.

En definitiva, esta nueva tendencia, lo que permite es ofrecer una visión global de lo que un activo cuesta realmente, más allá del simple coste de adquisición, y permite a las empresas realizar comparativas precisas entre distintos productos, servicios, o soluciones que estén pensando en adquirir a nivel costes.

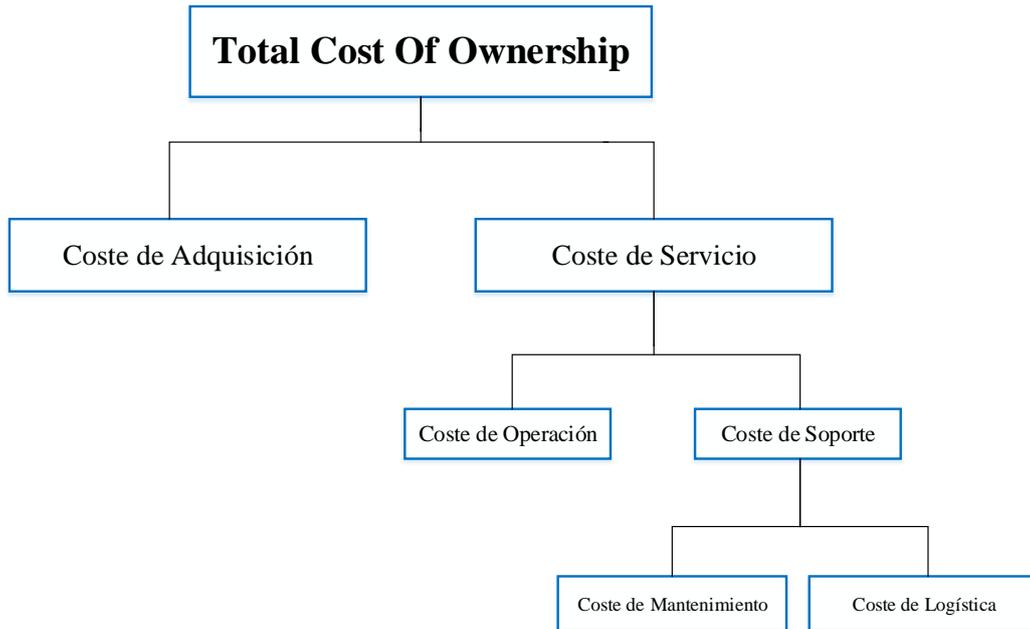


Figura 5. Concepto del Total Cost Of Ownership.

5.3.2 Real Decreto Ley: Accesibilidad

A los tiempos que puede tardar la concepción de la nueva flota le pisa los talones el Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, que trata el tema de accesibilidad y por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social, establece la eliminación las barreras arquitectónicas de los espacios públicos y privados. El RD cita concretamente en su artículo 23 a los medios de transporte: “las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los medios de transporte serán exigibles en los plazos y términos establecidos reglamentariamente”.

Renfe es consciente de que la movilidad es un derecho humano fundamental, por lo que han de ponerse al servicio y una configuración urbana accesible universalmente a cualquier persona, tenga o no problemas de movilidad, comunicación sensorial, percepción o de índole cognitiva o mental. La cadena de la movilidad accesible ha de garantizar recorridos e itinerarios accesibles que configuren mallas, lo más tupidas posible, que faciliten el desenvolvimiento y uso de los espacios públicos y privados en las diversas escalas de manzana, barrio, ciudad, área metropolitana, región y país.

El transporte constituye una malla fundamental para garantizar la movilidad y la diseminación de la Accesibilidad Universal en el territorio, en el medio urbano, rural e insular. Los sistemas de

transporte colectivo han de seguir las pautas de diseño a fin de poder ofrecer un servicio apropiado a cualquier usuario potencial, tomando en consideración la diversidad humana y los requerimientos correspondientes, que se plasman en un conjunto de especificaciones técnicas de diseño accesible en cada uno de los modos de transporte y en sus mutuas interacciones.

La actividad fundamental de todo viajero en los vehículos se resume en el acceso y abandono del mismo y en la ocupación temporal de su plaza para el viaje, que en el caso de las personas con discapacidad implica la definición de unas características específicas y exclusivas que requieren la reserva de la plaza. En definitiva, se deben dar las condiciones propicias para facilitar el desplazamiento.

Para llevar a cabo esta compra, Renfe cuenta con un plan de accesibilidad que cada cierto tiempo renueva. El nuevo es el “Plan de Accesibilidad Integral 2018-2026”, y contempla la adaptación de trenes y estaciones, así como la adquisición de nuevos vehículos totalmente accesibles, entre otras acciones. Entre las actuaciones se prevé hacer más accesible la red. De hecho, Renfe asegura que el “50% de los trenes de Cercanías es accesible”, y que los trenes nuevos que se vayan adquiriendo serán accesibles.

A nivel europeo, dentro del sector ferroviario, existe el REGLAMENTO (UE) No 1300/2014 DE LA COMISIÓN, 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para las personas con discapacidad y las personas de movilidad reducida. Este reglamento, contempla las medidas que se han de tomar dentro del subsistema de Material Rodante, recogiendo los siguientes puntos objeto de estudio: Asientos, espacios para sillas de ruedas, puertas, iluminación, aseos, pasos libres, información al cliente, desniveles, pasamanos, posición del escalón para entrar y salir del vehículo.

5.4 CONCEPCIÓN DE UNA NUEVA PLATAFORMA DE TRENES

5.4.1 Planificación

En el Capítulo 3 se recorrieron las necesidades actuales de Renfe de cara a renovar la flota de trenes. El periodo de concepción de una nueva plataforma es un tiempo largo desde que surge la necesidad hasta que finalmente los trenes se ponen en servicio. El operador debería contemplar desde el inicio todos los costes asociados al ciclo de vida del producto, y como bien se explicó en el capítulo anterior, se podría orientar a través del método de “Total Cost of Ownership”. Esta tendencia tiene sentido cuando los costes relacionados con la adquisición, la operación, el mantenimiento y el soporte corren a cargo del cliente, que sería en este caso Cercanías Renfe, quién además podría incurrir en costes cuando el producto no está listo para su uso, es decir, un “coste de tiempo de inactividad”.

Planificar permite evaluar las opciones de inversión más efectivamente, prever el impacto que supone cada coste más allá de los propios iniciales y tener la facilidad para poder elegir entre las alternativas que se presenten para competir. Con el reto de evaluar todos los costes asociados a esta nueva plataforma de trenes, se podrían distinguir las siguientes fases que involucran a operador y fabricantes:

- Requisito (especificación funcional)
- Estudios de concepto/viabilidad
- Diseño y desarrollo.
- Producción.
- Prueba y Certificación.
- Operación, mantenimiento y Soporte.
- Eliminación.

En el ANEXO II se encuentra el Diagrama de Gantt para su consulta, con las fases del proyecto.

5.4.2 Modo de licitación

Ya se ha comentado la importancia de la licitación a la hora de permitir al operador obtener el tren que está buscando. Los criterios de adjudicación son, por tanto, fundamentales para adquirir el tipo de trenes deseado.

Es necesario que los criterios técnicos que se establezcan primen aquello que se busca. Licitaciones de trenes por todo el mundo dan un peso preponderante a aspectos técnicos (en torno a un 60-70%) limitando el peso de criterios económicos a un 30-40%.

Es asimismo importante que la valoración económica no se centre únicamente en el precio de adquisición, y buscar el tren que garantice el mejor coste a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo en este sumatorio el precio de adquisición, el coste de la energía y el coste de mantenimiento y limpieza de los trenes.

5.4.3 Requisitos del operador

A continuación, se contemplan los puntos que Renfe como operadora debería de analizar de cara a la compra de una nueva plataforma de trenes. Se han buscado aquellas que tienen mayor relevancia. Es recomendable apoyarse en el ANEXO III para el análisis. Algunas características, como por ejemplo la velocidad del tren, no serán contempladas en los siguientes apartados. A velocidades por encima de 160 km/h la normativa cambia y las medidas son más estrictas. Dados los recorridos medios entre estaciones en estas redes de Cercanías, el alcanzar velocidades superiores a las que los actuales trenes alcanzan no tiene mucho sentido, y sin embargo tiene un alto impacto en el consumo energético de las unidades.

5.4.3.1 *Electric Multiple Unit*

La tendencia actual en el mercado mundial de los trenes de Cercanías avanza hacia las unidades de tracción eléctrica. Los motivos para requerir esta tecnología son muchos y además, en el caso de las cercanías de España, es aún más justificable al encontrarse toda la red electrificada.

Como se muestra en el gráfico de la Figura 6, las unidades de tracción eléctrica de piso medio o bajo, ocupan un 65% del mercado mundial, siendo una tendencia claramente creciente. Las unidades de 2 pisos ocupan un 15 y también muestran una tendencia ligeramente creciente. Por el contrario, la opción de coches es una tendencia claramente decreciente.

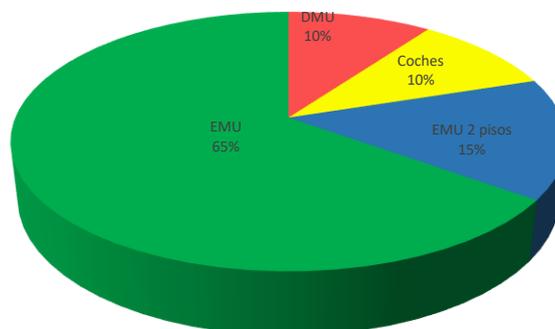


Figura 6. Tendencias en el mercado mundial.

Si uno de los objetivos de la nueva flota de trenes es tomar medidas en materia de medio ambiente, no usar combustibles fósiles debería de ser la primera. Por eso, la opción de escoger unidades diésel múltiples queda completamente descartada.

Además, las unidades de tracción eléctrica, producen mucho menos ruido que las unidades diésel, por lo que pueden operar sin contaminar acústicamente, lo que la convierte en la mejor opción para redes de cercanías que se integran en áreas metropolitanas, sin mencionar el mantenimiento más costoso de la tracción diésel frente a la eléctrica.

5.4.3.2 *Arquitectura articulada*

En la arquitectura tradicional cada caja se apoya en un bogie lo que permite cajas de mayor longitud y consigue tener un menor peso por eje. Sin embargo, la arquitectura articulada, en la que cajas contiguas comparten un bogie ofrece una mayor seguridad al conferir una rigidez mayor a la unidad y el ruido se genera entre las cajas, por lo que afecta menos al confort del pasajero. Dado que se hace necesario respetar el peso por eje, las cajas son necesariamente más cortas (más ligeras y menos capacitivas) pero por el contrario pueden ser ligeramente más anchas inscribiéndose en el mismo gálibo dinámico, lo que redundará en un mayor confort del viajero y en un movimiento en el interior del tren más fluido. Además, el mantenimiento de este tipo de arquitectura tiene un menor coste porque tiene un menor número de bogies.

5.4.3.3 *Mayor accesibilidad*

Si ya se comentó en apartados anteriores el Real Decreto Ley existente sobre esta materia, los trenes que Renfe adquiera deberán de facilitar esta tarea.

Los cuatro retos que Renfe debe de asumir en materia de accesibilidad, es solventar estas cuatro dificultades que presentan los trenes en circulación para el pleno uso por parte de las personas con discapacidad:

- Las dificultades para salvar el hueco entre el andén y tren, conscientes que es un problema no únicamente solucionable desde el material rodante sino que es menester también actuar sobre la propia infraestructura (homogeneización de altura de andén, paradas en recta,). Para ello, no obstante, los trenes dispondrán de estribos o rampas que minimicen la distancia horizontal y vertical entre plataforma y andén.

- La, en ocasiones, imposibilidad técnica de solucionar la inter-circulación entre los coches de los trenes, impidiendo la comunicación directa entre ellos y limitando el desplazamiento de los usuarios, y por lo tanto su homogénea distribución en el interior del tren.

- La existencia de medidas de accesibilidad implantadas bajo criterios y normativas derogadas frente a las actualmente en vigor, de mayor alcance en cuanto a los usuarios y los servicios a los que acceden y, generalmente, más restrictivas.

- Dotar de señalización, información y comunicación, de vital importancia para los usuarios con alguna discapacidad sensorial o cognitiva.

El vínculo entre la infraestructura y el vehículo constituye el momento crítico de la accesibilidad puesto que es el punto en el que el usuario cambia de entorno, esto es, pasa del entorno arquitectónico de la estación y sus correspondientes medidas de accesibilidad, al entorno del vehículo, igualmente con sus singulares medidas de accesibilidad. Existe tradicionalmente en este punto un desajuste muy relevante entre las condiciones de cada parte que implica una dificultad manifiesta en las operaciones de embarque y desembarque del usuario. Por este motivo, incorporar el piso bajo, con una altura similar a la del andén de las propias estaciones de cercanías, posibilitaría el acceso directo al tren de las personas de movilidad reducida, perfilándose esta solución como la idónea para alcanzar la fácil accesibilidad a la red de transporte de cercanías de las personas con características de escasa movilidad. Sin embargo, esta solución influiría en el mantenimiento a realizar en los talleres actuales de Renfe, ya que no están completamente adaptados a este tipo de mantenimiento de equipos en techo.

Por otro lado, se encuentran las dificultades en la transmisión y adquisición de información, y de la comunicación en general, entre usuarios y servicios constituye gran grupo de impedimentos de acceso a los entornos. De forma global y sintética se deberían de contemplar requerimientos de diseño, como incorporar una señalización precisa, no redundante en sus contenidos e inequívoca, de carácter indicativo, informativo, de seguridad y advertencia, una señalización que ha de llegar a todos los usuarios, por lo que sí será redundante en el canal de comunicación empleado, visual, audible o táctil. Esta señalización ha de ser de fácil comprensión, de acuerdo con los planteamientos de la accesibilidad cognitiva y que ayude a tomar decisiones al usuario.

5.4.3.4 *Trenes más capacitivos*

La modularidad, el piso doble, la distribución de asientos y puertas, o el número de aseos por tren, son factores que limitan la capacidad del transporte de pasajeros/m². En este apartado, se contemplan las principales ventajas e inconvenientes de escoger las diferentes opciones.

La demanda actual de pasajeros es cada vez más alta sobre todo en las grandes áreas como Madrid, por lo que la solución de trenes más capacitivos debe de ser un requisito a cumplir. Para conseguir este objetivo, y como ya se describió el mismo en necesidades pasadas de Renfe, se

debería optar por una flota que permita la modularidad y hacer el tamaño adecuado al tipo de demanda en cada región de España.

5.4.3.4.1 Un piso frente a doble piso

Los trenes pueden permitir un tránsito más cómodo y un menor tiempo de parada, que es lo que se busca en una red de tipo metro. En cercanías, donde los trayectos son generalmente más largos, conviene que los viajeros puedan viajar cómodamente sentados y aumentar la capacidad de pasajeros que puedan viajar a un coste por asiento más bajo. De esta necesidad nacen los trenes de dos pisos que permiten aumentar la capacidad con una menor longitud de tren.

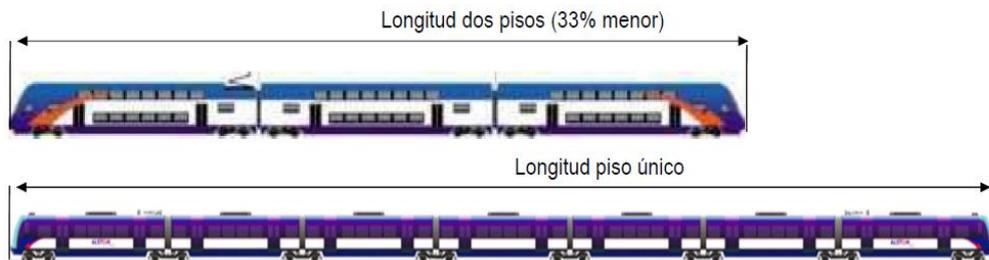


Figura 7. Longitud del tren de piso doble frente a piso simple. Misma capacidad.

Existe un debate dentro de la industria ferroviaria a cerca de los coches de uno o dos pisos. El tiempo de parada en el tren de dos pisos es mayor y hay que sumar que las tasas de accidentes de pasajeros (caídas de pasajeros) y que el acceso a personas con discapacidad está más limitado. Además, cabe contemplar la limitación que puede tener la infraestructura de las estaciones con respecto al número de viajeros que viajan en un tren, pues se pueden dar casos de situaciones no deseadas como la congestión de una estación.

5.4.3.4.2 Concepto de tren de Dos Pisos + Un Piso

Uno de los trenes de Cercanías que podría presentar algunas ventajas de cara a esta nueva plataforma, es un híbrido de composición de un único piso más un doble piso. El primero en introducir este concepto de tren de cercanías fue Bombardier, y actualmente opera en servicios de cercanías de París. Se trata del modelo OMNEO (ANEXO III). Hoy por hoy, Alstom y Siemens también poseen este tipo de tren. El concepto consiste en alternar un piso doble con uno bajo mediante cajas más cortas e introducir una arquitectura articulada que comparte bogie entre caja y caja permitiendo un desplazamiento más suave. El cambio de una caja a otra, que en trenes de piso doble suele ser un lugar estrecho y poco acogedor, se transforma en un espacio continuo y ancho.

Una de las grandes ventajas de este tren, es que consigue una gran accesibilidad para personas de movilidad reducida, quedando en la zona del piso simple, en la que puede incluirse unos asientos para pasajeros que quieran hacer un trayecto corto o que viajen con otras modalidades

como bicicleta. Los pasajeros que realicen un trayecto más largo, pueden hacerlo en el coche de piso doble sentados cómodamente.

El poseer dos puertas en el coche de caja corta y espacio diáfano hace que el flujo de pasajeros para el embarque y desembarque sea fluido. El piso bajo influye de forma positiva para la accesibilidad, pero los equipos de tracción y aire acondicionado, se encuentran en el techo (en la Figura 8 ocupan la tonalidad gris oscura) y hacen que su mantenimiento se realice en los techos. Además, el espacio en techo es muy limitado para acoger equipos.

Aunque resulta ser una alternativa viable para un servicio como el de cercanías en España y tener un coche adaptado a las personas con dificultad de movilidad, la accesibilidad sigue sin ser total en toda la composición. Además, analizando el diseño interior, no se trata de una estructura sencilla, pues se sitúa un piso bajo, entre caja y caja sigue habiendo que salvar los bogies, lo que dificulta el paso de una caja a otra y añade el problema que suponen las escaleras de subida y bajada en el piso doble.

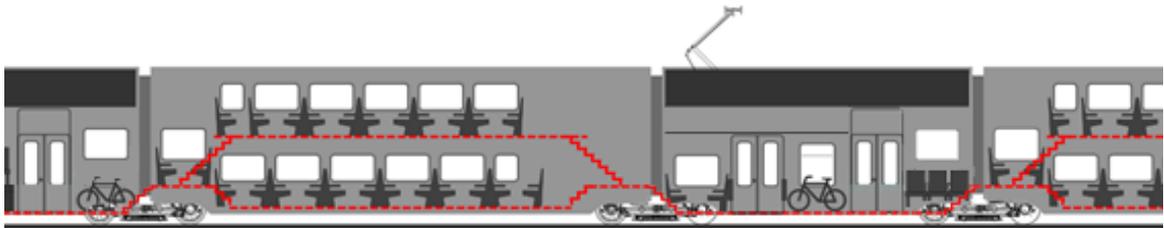


Figura 8. Tren de dos pisos + un piso.

5.4.3.4.3 Distribución de asientos y puertas

Si se quieren conseguir trenes más capacitivos, habría que buscar un mayor número de pasajeros/m² y esto se consigue con más pasajeros de pie que sentados. Aquí se encuentra un problema relacionado con la carga máxima por eje que admite el tren, por lo que en ocasiones colocar asientos produce un efecto disuasorio que permite lograr un compromiso entre la capacidad y la masa máxima admitida por el tren.

Cuando en un pasado se diseñó el Civia, se hizo ubicando unos asientos de forma transversal, los cuales permiten dejar un espacio más amplio donde puedan caber más pasajeros de pie. Sin embargo, cabe considerar que los asientos longitudinales ofrecen una menor capacidad que una disposición transversal (perpendicular a las ventanas), los cuales no proporcionan un número de asientos suficientes para los usuarios. Es decir, como se muestra en la representación de la Figura 9, en un mismo espacio tenemos 30 asientos en la parte de la izquierda frente a 18 en la parte de la derecha.

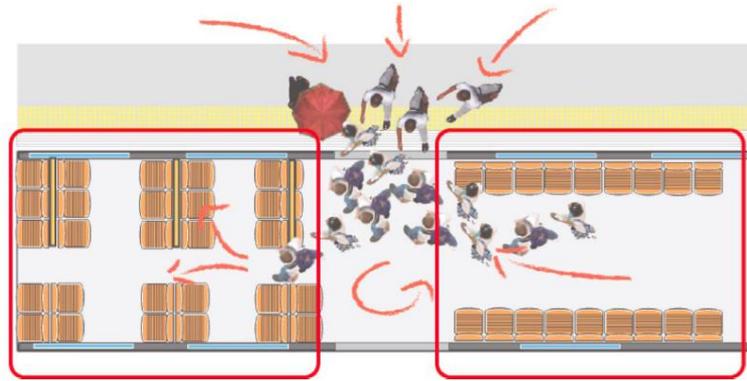


Figura 9. Distribución de asientos longitudinales y transversales.

El viajero suele preferir viajar en los asientos ubicados en dirección a la marcha o en dirección opuesta, porque el cuerpo humano está mejor preparado para sentir aceleraciones y deceleraciones (que en el servicio de Cercanías son altas) en ese sentido y tolera mucho peor las aceleraciones y deceleraciones en el sentido transversal.

La configuración y el tamaño de las puertas es otro de los factores que afecta a la operación. Las puertas no deben estar muy juntas a los asientos, ya que impiden un rápido acceso. Aumentar el número de puertas, reduce la capacidad de asientos, como se puede ver en la Figura 10, donde con dos puertas por lado caben en el coche 48 asientos, mientras que, si se ubican tres puertas por lado, la capacidad de asientos disminuye a 32.

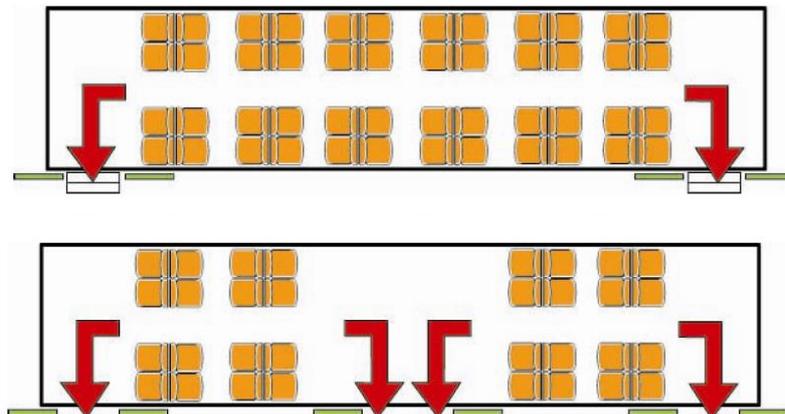


Figura 10. Comparación de número de puertas por lado.

Por tanto, si lo que se quiere es tener un gran número de asientos, se puede optar por poner una única puerta ancha. Las puertas dobles de 1.300 mm de paso ya permiten acceder a dos personas simultáneamente y las puertas más anchas son menos fiables debido al peso de sus hojas.

Sin embargo, diversos estudios determinan que esta solución no es tan efectiva de cara a la operación como tener múltiples puertas. Esto se debe a que, al aumentar el tamaño de la puerta,

el tráfico de pasajeros se convierte en una única corriente más ancha a la hora del embarque y desembarque. Los estudios corroboran que, si el tren se encuentra lleno, para la operación del tiempo de parada en estación, presenta más ventajas tener tres puertas que dos.

Igualmente, por hilar el rizo, se ha comprobado que, en situaciones similares de ocupación del tren, es preferible una configuración de tres puertas y asientos longitudinales que dos puertas y asientos transversales, ya que esta solución incrementa en un 20 % el tiempo de parada.

5.4.3.4.4 Aseos

Si bien los aseos, igual que el resto, debe de cumplir con el Real Decreto Ley de Accesibilidad (La Especificación Técnica de Interoperabilidad en esta materia es menos exigente), el número de WC por tren es una elección que el operador deberá de tomar. El WC en el tren es algo que acarrea muchos problemas para el operador que afectan directamente a la disponibilidad, ya que existe el problema del tanque lleno que hay que vaciar. Los costes de mantenimiento con dos WC aumentan y con esta configuración se consiguen menos plazas por tren. Por eso, una solución factible podría ser optar por un único WC adaptado a personas de movilidad reducida.

Además, para el tipo de trayectos que realiza un tren de cercanías con estaciones próximas, un único WC podría ser suficiente. Por lo general, las personas que viajan en Cercanías no consideran agradables y limpios este tipo de servicios, evitando hacer uso de los mismos en la medida de lo posible.

5.4.3.5 *Menores costes*

5.4.3.5.1 Energía

El transporte de cercanías, es uno de los modos de transporte ferroviario más eficiente, energéticamente, que existe actualmente.

Sin embargo, y dado el elevado número de viajero transportados por las diferentes empresas de Transporte urbano y de cercanías, el consumo energético total de estas empresas es muy elevado, por lo que es de gran interés disminuirlo en lo posible, tanto por razones económicas como ambientales.

Es preciso indicar, que el consumo energético de un tren de Cercanías es función, básicamente de la tara del tren, del número de viajeros transportados, y sobre todo de las características físicas de las líneas por las que circula (rampas, pendientes, curvas), de la eficiencia de la cadena de tracción, de los auxiliares con que cuenta y especialmente de distancia entre estaciones y de las condiciones de explotación.

Por lo tanto, para optimizar su consumo energético se ha de incidir en varias cuestiones básicas:

- Disminuir el peso del tren.
- Aumentar el rendimiento energético global de la cadena de tracción a través de la electrónica de potencia.
- Optimizar la recuperación de la energía producida durante el proceso de frenado.
- La desconexión automática de los equipos auxiliares, como la climatización, el alumbrado, etc. cuando no sea necesario su funcionamiento, ya que son grandes consumidores de energía.
- Usar sistemas de ayuda a la conducción eficiente.
- Dar formación a los conductores sobre la conducción eficiente.
- Instalar dispositivos medidores de CO₂ que permitan conocer la ocupación en los coches del tren y regular la climatización mediante equipos y apertura de puertas.
- Usar iluminación LED para un consumo menor.

5.4.3.5.2 Mantenimiento

El tren de cercanías es sometido a un régimen de trabajo muy duro y muy exigente, por lo que su mantenimiento juega un rol importante.

Correctivo:

Este tipo de mantenimiento lo que requiere son equipos fácilmente accesibles. Si bien se comentó la necesidad del piso bajo para cumplir con la accesibilidad, el mantenimiento se complica al tener que realizar un mantenimiento en los techos, algo más complejo que en los bajos, estando los talleres actuales de Cercanías de Renfe no adecuados para ello.

Para realizar un mantenimiento correctivo, es importante que el conjunto de elementos que conforman un tren sean modulares de cara a la disponibilidad, es decir, que con un parque de piezas podamos cambiar en el menor tiempo posible el repuesto para que tan pronto como sea posible se encuentre ofreciendo servicio nuevamente.

Preventivo:

Para este mantenimiento, que se basa en una buena planificación, sería recomendable romper espacios temporales y no concentrar grandes revisiones que puedan tener indisponible el tren durante un tiempo.

Si estas revisiones se acortan y se acompañan, la disponibilidad podrá aumentar y, como ya se comentó, este es un parámetro muy importante para el Servicio de Cercanías.

Predictivo:

Desde el punto de vista del mantenimiento predictivo, a través de las nuevas tecnologías que permiten la sensorización, se puede realizar un análisis muy exhaustivo a lo largo de ciclo de vida del material. La última tecnología empleada para el mismo consiste en hacer un “diagnóstico” del tren a su entrada en el taller. Teniendo en cuenta que un tren de Cercanías realiza entradas en el taller con frecuencia, podría ser una herramienta a considerar para reducir costes a largo plazo. Un ejemplo, es el producto “Health Hub” del fabricante Alstom, que toma medidas del tren como:

- El espesor del pantógrafo.
- La integridad del tren.
- Las pastillas de freno.
- La geometría de las ruedas
- Etc.

Si el tren además emite información a tierra sobre el estado de sus equipos, con este diagnóstico y técnicas de Big Data se puede procesar toda la información para predecir el comportamiento de sus elementos. Esta innovación tecnológica no depende de personal para realizar el mantenimiento, y es algo que a la larga puede resultar ser un ahorro económico importante. La clave pasa por tratar toda la información para predecir un futuro cada vez menos incierto.



Figura 11. Solución "Health Hub" de Alstom.

Limpiezas y Vandalismo

Los estándares de limpieza en España son altos. La nueva plataforma de trenes tiene que estar preparada para poder efectuar una limpieza rápida y eficaz. Por eso es de especial importancia los materiales que conforman los distintos elementos del tren.

Optar por asientos de plástico cubriría las necesidades de un tren de cercanías y son fáciles de mantener y limpiar. Principalmente lo que se pide a los asientos no tener grandes fijaciones al suelo que dificulte la limpieza del mismo, por lo se podría que optar por asientos tipo “cantiléver”. De igual forma, el tipo de suelo, debe de permitir poder limpiar todas las zonas cómodamente y, para ello, se pide que el suelo adquiera cierto levante hacia los laterales del coche. Igualmente, hay que evitar diseñar esquinas y huecos tontos, que sirven para que acumule la suciedad o los usuarios introduzcan porquería.

En cuanto al vandalismo, es uno de los grandes desafíos a día de hoy para el entorno ferroviario, que supone un coste en reparaciones, sustituciones y limpieza. Sin ir más lejos, y como ejemplo, Renfe gastó en 2017, 10’7 millones de euros en reparaciones por actos vandálicos en Cercanías en Cataluña. Limpió 6.000 grafitis de trenes y cocheras y repuso cristales rotos, mobiliario destrozado, extintores vacíos, apedreamientos...Es una tendencia creciente, por lo que tomar las medidas adecuadas puede reducir el coste de todas las reparaciones que ello supone.

Así que, para luchar contra el vandalismo, los nuevos trenes deberían de contemplar fijar films anti-arañazos en las ventanas, usar pintura anti-grafiti, tener asientos con tejidos anti arañazos y usar materiales ignífugos.

5.4.3.6 Señalización

La nueva plataforma debería de incluir el sistema ERTMS. Hoy en día, algunos trenes como los CIVIA ya tienen instalado este sistema. A parte de proporcionar un nivel de seguridad muy superior al del ASFA, mejorar la capacidad y los tiempos, el sistema ERTMS ayuda a hacer conducción más eficiente que conlleva también a un ahorro energético.

Aunque no todas las líneas a nivel de infraestructura cuentan con este sistema, la plataforma de trenes que se adquiera debería contar con ello de cara a las futuras ampliaciones a nivel de vía que se realicen.

5.4.3.7 Tracción eléctrica o diésel

Dado que las diferentes redes de Cercanías se encuentran electrificadas a 3000V de corriente continua, el diseño de automotores eléctricos está fuera de la discusión.

La tracción diésel se encuentra en retroceso y se emplea en redes con amplias zonas no electrificadas. Actualmente incluso se contempla la incorporación de baterías para dotar a los automotores diésel de una autonomía tal que pueda salvar determinadas distancias no electrificadas.

5.4.3.8 Medidas del consumo energético

Con objeto de conocer el consumo energético tanto del tren como de sus principales equipos auxiliares, es necesario dotar al tren de “wathorímetros” homologados para medir la energía que capta el tren a través del pantógrafo, la que devuelve a la red, los consumos del aire acondicionado y otros. Esto es importante de cara a un análisis para un posible ahorro energético.

Hay que tener en cuenta que ya hay operadores que devuelven energía de frenado al suministrador de energía, pagando solo por el consumo efectivo.

5.4.3.9 Experiencia del viajero

Centrar el nuevo diseño de trenes en la experiencia del viajero puede permitir hacer el servicio de cercanías un servicio mucho más atractivo para los usuarios

5.4.3.9.1 Confort

El confort es primordial. Si bien se habló de la configuración de los asientos, estos deberían de ser ergonómicos, confortables y acordes con el diseño. Lo más importante para un asiento de cercanías es conseguir una posición muy cómoda en un espacio muy reducido y con las mejores prestaciones de anti vandalismo, fuego, etc...

Para conseguir la confortabilidad óptima en poco espacio se debería optar por la curva anatómica ampliamente experimentada en trenes pasados ya. Esta forma de asiento se adapta muy bien al cuerpo de personas de altura, compleción y sexo distinto, y debe de tener el mínimo espesor posible de forma que todo el espacio sea útil para los viajeros. La construcción del mismo tiene que estar centrada en materiales que aligeren como puede ser el aluminio. Su recubrimiento tiene que estar hecho por un material que facilite las tareas de limpieza y mantenimiento, y en las últimas renovaciones de Renfe en las series de trenes más antiguas se está optando por este tipo de materiales. También se está apostando por revestir la parte final del asiento por algo metálico en vez de tela, ya que usuarios que hacen un uso indebido, tienden a posar sus zapatos sobre esta parte y desgarrar el tejido.

El tren debe de contar luces inteligentes, que permitan cambiar su iluminación LED del día a la noche y de túneles a espacios abiertos. Muchos de los viajeros habituales en Cercanías emplean este periodo del día para la lectura, por lo que se necesita una buena ambientación de luz.

5.4.3.9.2 Información al viajero

La sociedad necesita, y por ello lo demanda cada día con más fuerza, sistemas de comunicación fiables que le permitan conocer en tiempo real y de una manera cómoda y muy comprensible, toda aquella información que necesita para el desarrollo normal de su vida. Esta necesidad es más acuciante en el mundo del transporte. Las nuevas tecnologías de la información permiten información dinámica y adaptable, muy visual y comprensible, consiguiendo con ello que los trenes puedan operar básicamente en cualquier línea sin requerir adaptaciones especiales. Por lo que, si se compran trenes nuevos, cabría contemplar muchas mejoras en esta materia, ya que actualmente, los trenes de cercanías reciben muchas críticas sobre ello.

La nueva propuesta deberá de contener paneles de información y equipos de megafonía de la última tecnología.

Una de las propuestas tecnologías que podrían incluir los nuevos trenes, es introducir paneles reverberantes que recubren las cajas y que permitan emitir una señal de voz mucho más homogénea y clara. Como los trenes suelen poseer superficies reflectantes como los cristales, la señal de voz que se emite en los sistemas de megafonía pierde su calidad acústica y hace que el pasajero escuche la señal contaminada por ruido.

Cabría contemplar también introducir pantallas que puedan ser útiles para mostrar información referente a muchos ámbitos: información en tiempo real, publicidad que produzca ingresos al operador, etc. Por ejemplo, sería útil que los trenes que circulan en líneas conectadas con aeropuertos, reproduzcan la información sobre las puertas de embarque de los aviones dentro de los trenes.

Los usuarios cada vez valoran más la información de transporte multimodal. Muchos emplean aplicaciones móviles para ello, pero resultaría útil que los trenes incluyesen la posibilidad de poder consultar esta información de forma digital.

Es muy importante incluir información también para los casos de emergencia. La instalación de paneles que indiquen claramente las salidas y los extintores, la posibilidad de pulsar botones de alarma y de incluir sistemas de luces en el suelo que marquen el camino a seguir para salir en caso de encontrarse en una situación de túnel.

5.4.3.9.3 Conectividad

Otro de los puntos que los usuarios reclaman con más ímpetu es un sistema de wifi Abordo. Igual que hay usuarios que leen libros en el tren, otros, quieren tener un acceso wifi para consultar redes sociales, periódicos, el correo, etc...Es por esto, por lo que Renfe debería contemplar esta

posibilidad en su nueva plataforma de trenes de cara a satisfacer las necesidades a futuro de sus clientes de cercanías.

Hay que considerar que la mayor parte de dispositivos digitales cuenta con conexión wifi, pero no necesariamente con conexión a través de redes de móvil. La conectividad requerida no precisa ser de muy alta capacidad, pero si permitir una navegación mínima que haga el trayecto en tren más placentero y útil.

5.4.3.9.4 Superficies limpias y pulidas

El diseño interior, no solo a nivel de confort, adquiere un papel importante. Los elementos tienen que tener acabados redondeados, de forma que no causen ningún tipo de daño a los viajeros (ni golpearse fácilmente, ni cortarse, ni rasgarse los pantalones...).

Los materiales y las formas escogidas son importantes. Las superficies limpias y pulidas, los materiales resistentes, los espacios diáfanos, los asientos en voladizo... Son factores que facilitan mucho la limpieza, por lo que sabiendo que un servicio de Cercanías está sometido a un régimen de trabajo muy duro, todas las características mencionadas deberán ser muy valoradas.

5.4.3.9.5 Multimodalidad

Hoy en día, se espera que un tren de cercanías cuente con espacios para otros medios como pueden ser las bicicletas, los monopatines, los esquís, las tablas de surf, etc...

Cada vez los usuarios aprecian más la multimodalidad, así que Renfe debería de tener en cuenta en sus nuevos trenes un espacio reservado para este tipo de actividades.

También es importante contar con espacios para maletas, ya que muchos servicios de cercanías ofrecen conexiones con aeropuertos y grandes estaciones de trenes, autobuses o puertos.

Como las necesidades de los usuarios serán diferentes y los trenes circularán por muchos núcleos de Cercanías, sería recomendable crear espacios multifunción que sirvan para todos los elementos de mayores dimensiones y que puedan llevar los usuarios.



Figura 12. Espacios reservados para la multimodalidad.

5.4.3.9.6 Nivel de ocupación del tren.

Actualmente, también existen soluciones que permiten satisfacer la demanda de pasajeros de una forma más efectiva y que ayudan a mejorar la operación.

Existe la posibilidad de mediante una técnica de sensores de CO₂, cámaras y el peso de trenes, contar el número de personas que entran y salen, y calcular grado de ocupación de los coches del tren.

Esto funciona de tal manera que cuando se cierran las puertas, los datos se procesan, interpretan y se envían a la próxima estación para mostrarlo en paneles en el andén a los pasajeros que se encuentran esperando la llegada de ese tren.

Con esta solución, los pasajeros conocen qué zonas del tren están menos ocupadas y pueden dirigirse hacia ellas para entrar al tren, además de permitir reducir los tiempos de parada en andén y mejorar los tiempos de recorrido, ofreciendo el mayor confort posible a los viajeros.

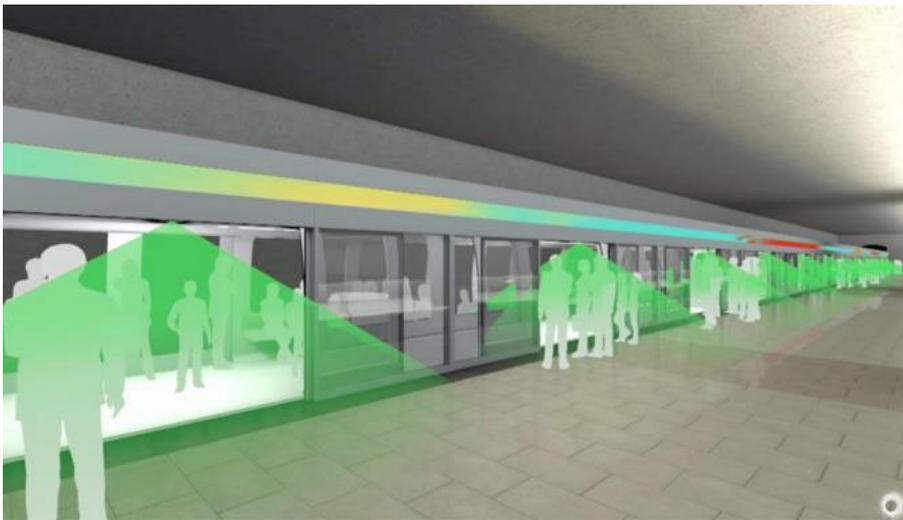


Figura 13. Sistema de medición del nivel de ocupación del tren.

6 Conclusiones

Para adquirir una nueva plataforma de trenes, hay que evaluar los costes asociados a la misma y no únicamente el precio de venta del producto, para poder poner valor a tareas tales como el mantenimiento, que suman en periodos de entre 30-40 años grandes costes, por lo que sería preciso calcular su valor mediante un modelo “Total Cost of Ownership”.

Los nuevos trenes deberían de estar compuestos por unidades múltiples eléctricas, puesto que la infraestructura está electrificada y tienen un mejor rendimiento frente a la tecnología diésel, siendo más ecológica y causando un menor ruido.

Se debería de optar por una estructura articulada, que confiera una mayor seguridad al vehículo, una marcha mucho más comfortable, un menor coste de mantenimiento y un menor ruido.

Como la compra viene relacionada con la accesibilidad y la sociedad se encuentra en un entorno en el que no debe de existir la exclusión de personas de movilidad reducida, los nuevos trenes deberían de incorporar un alto porcentaje de piso bajo, pero teniendo en cuenta donde se van a reubicar los equipos de tracción y qué implicará en los procesos de mantenimiento.

En cuanto a la capacidad de los trenes, para el tipo de trayectos que realizan, puede resultar interesante optar por una composición formada por coches de dos pisos y de uno, solución que plantean ya algunos fabricantes. Este tipo de tren permitiría separar los viajeros en dos tipos según el tramo que recorran: los que realizan un desplazamiento entre paradas próximas y los que, sin embargo, se mueven entre localidades más separadas. No obstante, este tren que se puede adaptar al piso bajo y tiene espacios reservados para personas de movilidad reducida, tiene en el tránsito entre coches una estructura que hace dificultosa para el pasajero su circulación por el interior: escaleras y escalones que suponen una mayor accidentalidad.

Aunque un tren compuesto por unidades de dos pisos puede aumentar la capacidad de viajeros, también empeora los tiempos de parada en estación porque dificulta la salida. Un único piso, puede que no consiga la misma capacidad que unos dos pisos, pero sin embargo ayudaría a unos tiempos de entrada y salida del tren mucho mejores. En este caso, se podría optar por 3 puertas dobles por cada lado del coche y por una configuración de asientos estilo del Civia, con unos asientos de forma longitudinal y otros transversal. Sin embargo, habría que habilitar obligatoriamente zonas para personas de movilidad reducida. Con la modularidad, podrían existir diferentes tipos de coches con distintas configuraciones y formar composiciones adecuadas para

cada núcleo de cercanías. En caso de optarse por esta opción, un tipo de coche debería de albergar un WC que cumpliera con el Real Decreto de accesibilidad.

En las horas punta podría tener sentido incluir trenes de dos pisos para poder atender a la demanda, por lo que cabría contemplar la posibilidad de dividir la adquisición de la nueva plataforma y comprar algunos destinados a satisfacer esta necesidad.

Una buena idea para optimizar la distribución los pasajeros en el tren y en andén, sería apostar por tecnologías con este propósito que mejoran notablemente el confort de los pasajeros y los tiempos de parada andén que ayudan a mejorar la operación.

El construir una nueva plataforma es un proceso de cambio para adaptarse a los retos actuales que la sociedad marca: un mundo cada vez más digital y conectado. Los usuarios reclaman innovaciones tecnológicas en sus trenes: disponer de conexión Wifi, poder viajar acompañados de su bicicleta o de otros medios, recibir información en tiempo real, sentirse seguros en su trayecto, entre otros. Si se quiere hacer el servicio atractivo, la nueva plataforma debería de incluir todas estas opciones.

Hay más puntos para promover el servicio de Cercanías y no solo pasa por tener usuarios conformes en el viaje, sino por sumarse también al reto medioambiental en el que toda la sociedad está inmersa: conseguir ciudades más limpias. Los servicios públicos, en ocasiones, adquieren una fama no siempre merecida, pero Renfe podría poner especial énfasis en materia de energía y hacer campañas para concienciar.

El coste energético es un tema también económico que supone un gran desembolso al operador. La nueva flota debería de utilizar sistemas inteligentes que permitan una mayor eficiencia energética y obtener datos para analizar los consumos en elementos concretos de la cadena de tracción. Hay que apostar por introducir iluminación LED en todo el tren y los sensores de CO₂ que ayudan a climatizar y al ahorro energético.

Las amplias ventanas, unos asientos cómodos, la colocación de asideros y las grandes pantallas con información de utilidad para los viajeros deberían de ser, entre otros mucho, los argumentos para crear un espacio de confort y cálido para todos los viajeros.

Para las personas de movilidad reducida, es indispensable que la nueva plataforma de trenes cuente con todo tipo de dispositivos de los que tienen que hacer uso. Todos los trenes tienen contar con pulsadores con información braille y luces, con sistemas de audio de calidad, con barras con alto contraste cromático y un amplio abanico de posibilidades que hagan posible la accesibilidad de estas personas a las Cercanías.

Las superficies elegidas tendrían que ser fácilmente limpiables y anti vandálicas, con suelos de pavimento de alta resistencia, cumpliendo la exigente normativa relativa al fuego y humo.

Los usuarios quieren sentirse seguros, por lo que los trenes deberían de contar con elementos de seguridad activa: videocámaras, superficies diáfanos que permitan identificar objetos abandonados por medio de cámaras inteligentes, sistemas de intercomunicación de los coches de viajeros tanto con cabina como con el puesto de operación para gestionar emergencias.

También sería interesante comentar que el tren tendrá que disponer de rampas que permitan una evacuación en completa seguridad en caso de evacuación, en línea con la normativa existente.

En un mundo en el que la información prima, el mantenimiento debería de hacer uso de ella. La conectividad del tren con los talleres en tiempo real, permiten mejorar las técnicas de mantenimiento y todos los datos que puede generar con ello, pueden ser analizados mediante técnicas de Big Data, para hacer más eficiente el mantenimiento de tipo predictivo.

Debería ser indiscutible que la nueva plataforma de trenes albergue un sistema de señalización como el ERTMS. Instalar ERTMS en todos los trenes permitiría, aparte de dar una seguridad muy superior a la que actualmente ofrece el ASFA, hacer una conducción más eficiente que permita un consecuente ahorro energético.

Aunque este trabajo únicamente ha hondado en material rodante, cabría también contemplar mejorar a nivel de infraestructura: instalar ERTMS en todas la líneas, tratar los problemas de accesibilidad en el diseño de nuevas estaciones o en remodelaciones de las antiguas, homogenizar los andenes, instalar ascensores, hacer más clara la información al viajero, etc...Es decir, habría que acompañar todo lo relacionado con la operación y la infraestructura, ya que si de alguna forma se comporta el ferrocarril es como un sistema.

7 Aportaciones

Estudio sobre Cercanías en España. Comparativa de los trenes históricos.

Recopilación de las necesidades actuales de los trenes que operan en las redes de Cercanías de Renfe.

Tipos de trenes válidos para la operación de Cercanías en España.

Información sobre las últimas tecnologías aplicables en el sector.

8 Referencias

- [1] Selby Coxon, Dr Karen Burns, Arthur de Bono, Robert Napper “*The effect of suburban train carriage design upon punctuality, ingress and egress occlusion and passenger comfort*”. Australasian Transport Research Forum 2009. Monash University, Melbourne, Australia.
- [2] “*Study of the princes and quality of rail passenger services*”, European Comission Directorate General for Mobility and Transport. Final Report April 2016.
- [3] Dewei Li, Winnie Daamen and Rob M.P. Goverde, “*Estimation of train dwell time at short stops based on track occupation event data: A study at a Dutch railway station*”. JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION, J. Adv. Transp. 2016; 50:877–896, Published online 14 April 2016 in Wiley Online Library.
- [4] Nigel G. Harris, “*Train Boarding and Alighting Rates at High Passenger Loads*”. The Railway Consultancy Ltd, Crystal Palace Station, London, England, U.K. September 2005
- [5] REGLAMENTO (UE) No 1300/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para las personas con discapacidad y las personas de movilidad reducida.
- [6] Andrés Monzón, Ana María Pardeiro “*Observatorio de la movilidad metropolitana en España*”. I Congreso Internacional.
- [7] Train Parameters Study. Part 1 – Development of Concept and Design Criteria, “*Delivering a Step-Improvement in Passenger Experience*”. HS2
- [8] William Moore Ede Joseph Brosseau Duane Otter Joshua Matthews, “*Rail Capacity Improvement Study for Commuter Operations*”. Transportation Technology Center, Inc. A subsidiary of the Association of American Railroads. FTA Report No. 0037, Federal Transit Administration, November 2012
- [9] Hor Peasy San and Mohd Idrus Masirin “*Train Dwell Time Models for Rail Passenger Service*”, EDP Sciences, 2016.
- [10] “*Regional and Suburban Railways – Market Analysis Update*”, ERRAC The European Rail Research Advisory Council.
- [11] Domenico Gattuso, Antonio Restuccia “*A tool for railway transport cost evaluation*”, EWGT2013 – 16th Meeting of the EURO Working Group on Transportation.

[12] Consulta a páginas web de fabricantes: CAF, Alstom, Bombardier, Siemens, Stadler, Hitachi, Talgo.

[13] Libro “Civia”, Cercanías Renfe, 2003.

[14] Junca Ubierna, José Antonio “*Accesibilidad de los modos de transporte en España – Problemática actual, principales avances y retos de futuro*”.

[15] Tren Civia: www.valldignaaccessible.org/wp-content/uploads/2007/11/tren_civia.pdf

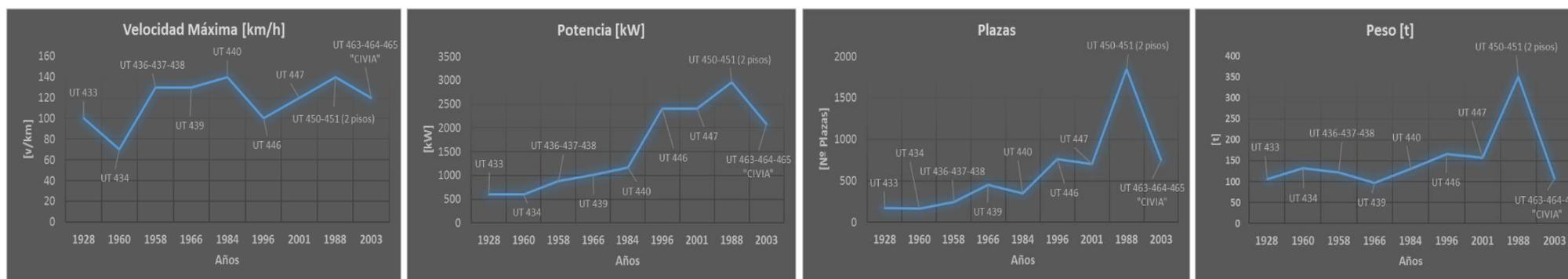
[16] Renfe: http://www.renfe.com/empresa/RSE/compromisos_y_acciones/sostenibilidad.html

[17] Periódico: https://elpais.com/ccaa/2018/02/14/catalunya/1518635854_565250.html

ANEXO I – Trenes de Cercanías Históricos

En la historia de Cercanías en España han existido distintas series de trenes. La evolución de las mismas era causa del desarrollo producido en los núcleos urbanos y la consecuente demanda de pasajeros. A la vez que crecía la demanda, lo hacía también la tecnología, que permitió avanzar hasta los trenes de Cercanías que hoy conocemos. La siguiente Tabla se recogen los datos de las series de Cercanías y sus respectivos fabricantes. Destacar la evolución en capacidad y la velocidad máxima de 140 km/h.

	Antigüedad	Ancho	Tensión [kV]	Configuración	Vmáx [km/h]	Potencia [kW]	Plazas	Peso [t]	Fabricante	Distancia entre topes [mm]	Anchura [mm]	Altura [mm]
UT 433	1928	Ibérico	1.5	M-Rc	100	600	171	106	SEC Naval, Metrovick	41170	3050	4157
UT 434	1960	Ibérico	1.5	M-R-Rc	70	601	162	132	SEC Naval, Metrovick	44820		
UT 436-437-438	1958	Ibérico	1.5	M-R-Rc	130	880	248	122	MTM, Macosa		3675	2800
UT 439	1966	Ibérico	1.5 -3	M-Rc	130	1007	452	96,8	CAF, CENEMESA		2946	4000
UT 440	1984	Ibérico	3	M-R-Rc	140	1160	348	130,4	Macosa, Ateinsa	80164	2900	4260
UT 446	1996	Ibérico	3	M-R-M	100	2400	759	166,6	CAF,Macos,MTM	75993	2940	4185
UT 447	2001	Ibérico	3	M-R-M	120	2400	702	157	Alstom, CAF, Siemens	75993	2900	4185
UT 450-451 (2 pisos)	1988	Ibérico	3	Mc-R-R-R-R-Mc / M-R-Rc	140	2960	1844	350,8	Alstom, CAF	159400	2926	4300
UT 463-464-465 "CIVIA"	2003	Ibérico	3	C1-C4-C3-C4-C2	120	2080	748	108	Alstom, CAF	98050	2940	4260



Se presentan fotografías de series ya antiguas que todavía permanecen en circulación. Serie 446, 447, 450 y el CIVIA.



Figura 14. Serie 446. Exterior del tren. Dos puertas dobles por coche. Dificultad de acceso entre puerta y andén para personas con movilidad reducida.



Figura 15. Serie 446. Distribución interior. Asientos longitudinales sin ninguno transversal. Asientos plegables en la zona próxima a la puerta. Agarraderas en asientos y en el techo. Tonalidad gris. Sin zonas para personas de movilidad reducida ni espacios adaptados a la multimodalidad. No tiene WC.

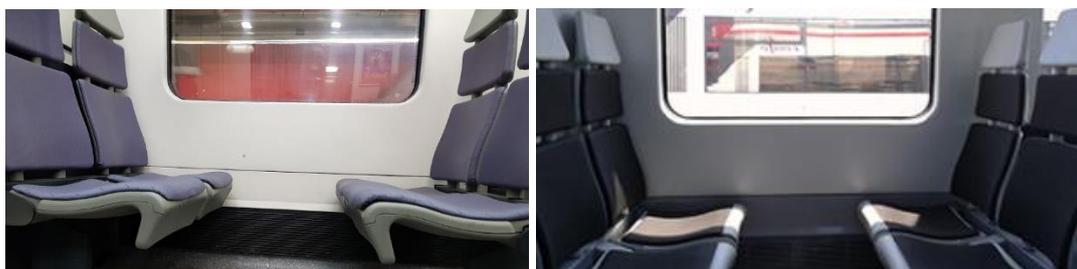


Figura 16. Serie 446. Comparativa con el modelo renovado. Asientos con placa metálica para evitar desgarros en el tejido.



Figura 17. Serie 447. Pantallas orientadas a la vista del pasajero.



Figura 18. Serie 447. Reformada con espacios para personas de movilidad reducida. Colocación de asientos transversales.



Figura 19. Serie 450. Tren de dos pisos. Escalón a la entrada que impide la accesibilidad universal. Espacio pequeño para poder acceder a los dos pisos.



Figura 20. Serie 450. Piso inferior. Dificultad de acceso por escaleras: riesgo de accidentalidad. Pasillo estrecho entre asientos. Distribución de asientos 3+2. Maximización de los pasajeros transportados sentados.



Figura 21. Serie 450. Aseo no adaptado para personas de movilidad reducida. Espacio ínfimo.



Figura 22. CIVIA. Zonas reservadas para personas de movilidad reducida.



Figura 23. CIVIA. Paso diáfano entre coches. Distribución de asientos tanto en forma transversal como longitudinal. Asientos en voladizo. Facilidad para la limpieza.

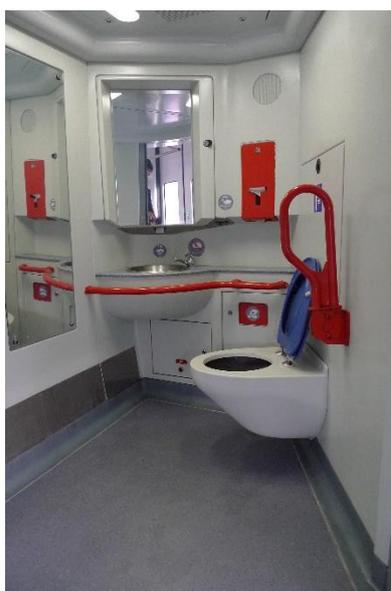
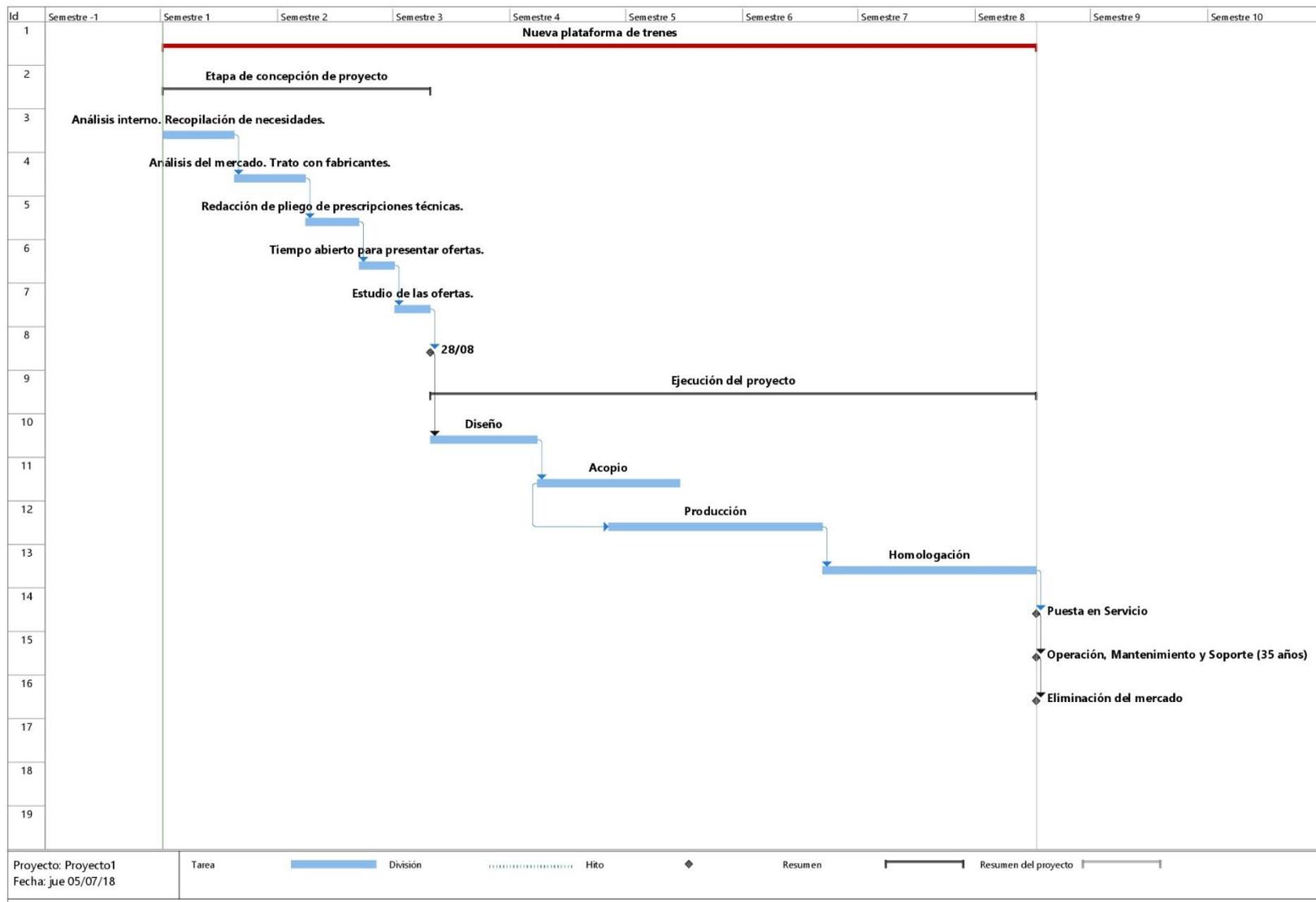


Figura 24. Aseo adaptado a PMR.

ANEXO II – Cronograma del proyecto



ANEXO III – Tren OMNEO de Bombardier

Imágenes del tren OMNEO de Bombardier de la feria de Innotrans 2014.



Figura 25. Exterior del tren OMNEO. Composición formada por piso doble más piso único.



Figura 26. Exterior del tren OMNEO. Coche de un único piso con dos puertas dobles y piso bajo. Arquitectura articulada.



Figura 27. Exterior del tren OMNEO. Equipos en el techo.



Figura 28. Interior del tren OMNEO. Pasillo con varios niveles de escaleras. Riesgo de accidentalidad.



Figura 29. Interior del tren OMNEO. Escaleras de subida y bajada en el piso de dos plantas. Posición de los asientos longitudinal.



Figura 30. Interior del coche de un piso. Huecos para la multimodalidad (bicicletas). Agarraderas verticales próximas a la puerta. Estructuras de cristal para separar zonas.

ANEXO IV – Mapa conceptual

