

Revisión
2011



**Agenda
Estratégica de
Investigación del
Sector Ferroviario**

VISIÓN 2030

PTFE 



**Agenda
Estratégica de
Investigación del
Sector Ferroviario**

VISIÓN
2030



Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario: Visión 2030 Revisión 2011

PLATAFORMA TECNOLÓGICA FERROVIARIA ESPAÑOLA

Impreso en España, mayo 2011
Depósito legal:

Diseño, maquetación y producción gráfica:
Vibra Diseño S.L.

Fotografías:
Archivo Vía Libre
LUNA
Lasacri

Proyecto ref.: RET-370000-2009-12
Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación
Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e
Innovación Tecnológica 2008-2011

La **Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española (PTFE)**, es una **agrupación de entidades privadas y públicas** con intereses en el Sector Ferroviario. Constituida, con el impulso de los Ministerios de Ciencia e Innovación y Fomento, en Asamblea del 23 de mayo de 2006, como **herramienta, al servicio de todo el Sector**, cuyo **objetivo es movilizar la masa crítica de innovación** necesaria para el logro de los avances científicos y tecnológicos que aseguren la competitividad, la sostenibilidad y el crecimiento del ferrocarril español.

Desarrolla su actividad estructurada en Grupos de Trabajo especializados, cuyo análisis de la I+D+i del Sector Ferroviario, situación de partida, visión 2030, identificación y priorización de líneas de investigación y de proyectos para su implementación.

El presente documento recoge la revisión 2011: "**Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario: Visión 2030**".

Índice

1	Introducción	11
2	Revisión Agenda 2011: Visión 2030	17
3	Análisis y diagnóstico 2011	25
3.1	Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad	25
3.2	Interoperabilidad y ERTMS	26
3.3	Material Móvil	29
3.4	Plataforma, superestructura, vía e instalaciones	38
3.5	Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario	41
3.6	Carencias formativas	43
4	Resumen del DAFO	47
5	Líneas de Investigación	51
5.1	Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad	51
5.2	Interoperabilidad y ERTMS	53
5.3	Material Móvil	54
5.4	Plataforma, superestructura, vía e instalaciones	62
5.5	Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario	66
5.6	Transporte de mercancías	75
6	Priorización de líneas de investigación y proyectos	81
6.1.	Área 1: Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad	82
6.2.	Área 2: Interoperabilidad y ERTMS	84
6.3.	Área 3: Material móvil	86
6.4.	Área 4: Plataforma, superestructura, vía e instalaciones	91
6.5.	Área 5: Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario	95
6.6.	Área 6: Transporte de mercancías	101
ANEXOS		107
7	Anexo I: Análisis DAFO 2011	107
8	Anexo II: Organización de la PTFE	123
8.1	Asamblea	123
8.2	Comité Ejecutivo	134
8.3	Secretaría Técnica	135
8.4	Grupos de Trabajo y Coordinadores	135



Introducción

El 28 de mayo de 2008 la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española presentó, en su Tercera Asamblea, la Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario. El Sector realizaba una reflexión ordenada de la I+D+i en el ámbito del ferrocarril; analizando el modelo existente y tendencial, identificando carencias y debilidades, definiendo estrategias y buscando oportunidades. La investigación científico-técnica en materia de transporte había de ser global y los planes nacionales debían enfocarse hacia implantaciones prácticas de directrices comunitarias.

Los retos clave del Sector Ferroviario quedaron recogidos en este documento, favoreciendo la articulación del Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa con un notable protagonismo de la industria ferroviaria española, operadores y administradores ferroviarios, administraciones públicas, universidades y centros tecnológicos, asociaciones y fundaciones.

La Agenda 2008, fruto de la participación del conjunto del sector ferroviario español, identificó las líneas prioritarias de investigación que debían ser emprendidas a corto y medio plazo para conseguir los objetivos de eficiencia y competitividad del transporte por ferrocarril.

Este nuevo documento de "Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario: Visión 2030. Revisión 2011" ha sido elaborado con las aportaciones de los diferentes grupos de trabajo de la PTFE, basándose en la observación directa de la evolución del Sector durante los tres años transcurridos desde la redacción de la Agenda 2008. Contemplando también, desde una perspectiva internacional, el cambio que se ha producido en el sistema económico, las nuevas necesidades de movilidad, la evolución tecnológica de las empresas, los instrumentos disponibles para el desarrollo de la I+D+i y, fundamentalmente, realizando un exhaustivo seguimiento y vigilancia de la evolución de las líneas de investigación y proyectos, elaborados o no, durante el período de análisis.

Un escenario de referencia en constante evolución

El desarrollo e implementación de la Agenda ha coincidido en el tiempo con una importante inversión destinada a la modernización de la red ferroviaria, apoyada en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes (PEIT) 2005-2020, así como con el desarrollo de un Plan Estratégico de Impulso al Transporte Ferroviario de Mercancías.

También ha tenido lugar en estos últimos años una importante apuesta por la I+D+i por parte de las distintas Administraciones: Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio de Fomento y Comunidades Autónomas que se han materializado en las distintas Convocatorias de Ayudas a la Investigación, y donde el ferrocarril se ha focalizado como área clave. Esta movilización de recursos humanos y económicos ha favorecido el impulso de la transferencia tecnológica, ha contribuido a mejorar la capacidad de las empresas ferroviarias españolas, y sin duda ha contribuido a construir una cultura de colaboración entre los agentes implicados.

Este periodo de revisión ha coincidido también con la elaboración por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación de la "Estrategia Estatal de Innovación (E2I)", iniciativa que constituye el



marco de actuación en materia de innovación para contribuir al cambio de modelo productivo en España, a través del fomento y la creación de estructuras que faciliten el mejor aprovechamiento del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico.

Asimismo, reseñar la reciente publicación de La Ley 2/2011, de 4 de marzo de Economía Sostenible, en la que, entre otras disposiciones, se abordan reformas globales sobre el sector transporte, teniendo como objetivo transformar este sector para incrementar su eficiencia económica y medioambiental, y su competitividad.

La planificación y gestión eficiente de las infraestructuras y servicios del transporte incorporan como objetivos la promoción de la competitividad, la cohesión territorial y la movilidad sostenible. Cabe destacar que esta Ley centra sus prioridades de planificación estatal en el desarrollo del transporte ferroviario y contempla, concretamente, impulsar aquellos proyectos relativos al transporte ferroviario de mercancías que incorporen innovación tecnológica y mejora en su eficiencia energética.

Un hito trascendental alcanzado en este periodo para el Sector Ferroviario Español, recogido como una necesidad prioritaria en la Agenda 2008, ha sido la creación del Centro Tecnológico Ferroviario (CTF) de Málaga del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias Adif y la asignación presupuestaria destinada al desarrollo del Centro de Ensayos y Experimentación de Alta Tecnología Ferroviaria; que supondrá disponer en nuestro país del mayor anillo ferroviario del mundo para el ensayo de nuevas tecnologías en este sector.

La materialización de este proyecto impulsará el desarrollo del tejido económico y empresarial regional y nacional, así como la movilización de inversión privada. Todo ello situará a España en la vanguardia tecnológica mundial en materia ferroviaria y reforzará la competitividad internacional de un sector clave para el país. En este Centro de Ensayos y Experimentación de Alta Tecnología Ferroviaria se realizarán los procesos de homologación y certificación de material rodante, así

como investigaciones, pruebas, ensayos y puesta en funcionamiento de nuevos desarrollos tecnológicos que se generen en el propio centro o que deriven de las actividades en I+D+i de las empresas del sector ferroviario.

Junto a los desarrollos tecnológicos en infraestructura, la Plataforma ha detectado también cómo la sostenibilidad del sistema, la eficiencia energética, las necesidades del viajero “presente y futuro”, los costes de mantenimiento de las infraestructuras, o el desarrollo del transporte de las mercancías, la intermodalidad, resultan aspectos claves para operadores y administradores a corto, medio y largo plazo, lo que justifica una revisión continua de las soluciones tecnológicas a las que la industria tiene que dar respuesta.

Proyección Internacional

En los tres últimos años la Plataforma Tecnológica Española ha desarrollado su proceso de internacionalización incorporándose en el año 2008 en la European Rail Research Advisory Council (ERRAC): Plenario, Comité Ejecutivo y Grupos de Trabajo; en los que han participado los coordinadores de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española. Dicha incorporación tiene como objetivo la mejora en el posicionamiento europeo, apoyando el “lobby ferroviario” que la administración central está ejerciendo en organismos europeos, y mejorando las oportunidades de las empresas españolas en los Programas Europeos de Investigación. En el periodo en el que la PTFE se ha incorporado en ERRAC, ésta ha desarrollado sus “Roadmaps: a step by step tool to reach to goals developed in the Strategic Rail Research Agenda 2020”. Estos documentos han sido analizados por los Coordinadores de los Grupos de Trabajo con el fin de armonizar las líneas de investigación y adecuar la estrategia tecnológica común en el Sector Ferroviario Español.

La incorporación activa a ERRAC de nuevos agentes como las Plataformas Nacionales de los Estados Miembros, a sus distintos órganos de actuación, corrobora su interés en favorecer las sinergias entre los miembros de la UE, y la implementación de medidas para lograr una estrategia conjunta de la investigación europea. En este punto se sitúa la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española, que tiene como objetivo favorecer el posicionamiento internacional del sector ferroviario español.

La visión internacional de los trabajos ha contemplado también las iniciativas en marcha impulsadas por la Comisión Europea en el ámbito del Transporte y la Investigación, con el desarrollo de Documentos estratégicos entre los que cabe destacar: el Libro Blanco “Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenibles”, el STTP “Plan Estratégico de Tecnologías del Transporte” o el Libro Verde “Del reto a la oportunidad: Hacia un marco estratégico común para la financiación de la investigación y la innovación de la UE”.

Organización, seguimiento y vigilancia

Fruto del análisis sobre los acontecimientos surgidos e hitos alcanzados, la vigilancia tecnológica efectuada, las reflexiones y reformulaciones de los contenidos de la Agenda 2008 se ha construido el Documento “Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario: Visión 2030. Revisión 2011”. En él se plasman los retos claves del Sector Ferroviario con el horizonte 2030.

En algunas áreas de trabajo se han producido profundas modificaciones respecto al anterior do-

cumento, fruto también de la puesta en marcha de diferentes estudios e implementación de líneas de investigación contempladas en la misma, o la eliminación, en otros casos, de líneas de investigación que han quedado desfasadas y/o superadas por otras de mayor envergadura. En otros casos, el texto inicial sigue estando en plena vigencia, pero incorporando nuevas líneas de investigación.

La presentación se estructura en función de las afinidades que presentan las distintas temáticas abordadas, resultando las siguientes áreas:

Área 1: "Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad"

Área 2: "Interoperabilidad y ERTMS"

Área 3: "Material móvil", que incluye la temática tratada por los siguientes grupos de trabajo:

- Material móvil para transporte metropolitano
- Material rodante y mantenimiento

Área 4: "Plataforma, superestructura, vía e instalaciones"

Área 5. "Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario", que incluye la temática tratada por los siguientes Grupos de Trabajo:

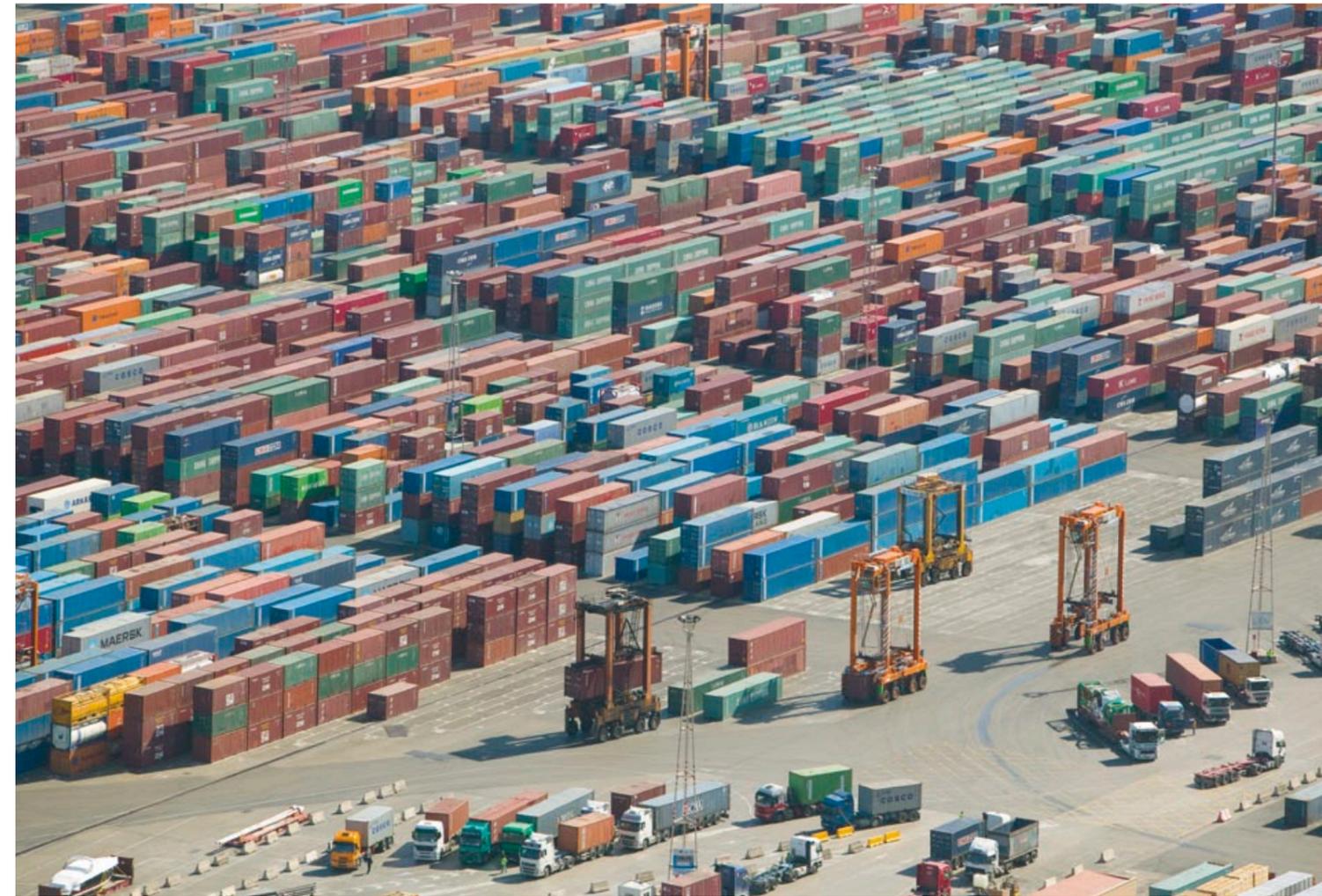
- Explotación de la infraestructura y operación de trenes
- Seguridad del sistema ferroviario

Área 6: "Transporte de mercancías por ferrocarril"

La "Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario: Visión 2030. Revisión 2011", es una breve parada de reflexión y visualización, en el largo camino que resta para alcanzar la excelencia innovadora en del Sector y su reconocimiento internacional.

La evolución de los logros obtenidos, junto con los instrumentos de I+D disponibles y los Programas de Trabajo anuales del Ministerio de Ciencia e Innovación, posibilitan una permanente respuesta para ir alcanzando los hitos recogidos en la Agenda 2011. Las directrices y estrategias señaladas desde la Comisión Europea, junto a los futuros Programas de Investigación Europeos, incidirán igualmente en este proceso de continua revisión y vigilancia en el entorno internacional con una "Visión 2050".

La Plataforma Tecnológica Ferroviaria continuará impulsando el potencial tecnológico de las empresas españolas, promoviendo y visualizando los logros de un Sector que tiene a la innovación como ventaja competitiva y que debe asumir su capacidad de liderazgo a nivel internacional.





Revisión Agenda 2011: Visión 2030

2

Bajo este epígrafe se plasman los retos claves del Sector Ferroviario Español con visión 2030, de acuerdo a las distintas Áreas en las que se estructura la Agenda. Estas áreas afrontan los temas que vertebran el Sector y que son fundamentales para su fortalecimiento y proyección internacional:

Medio ambiente y sostenibilidad

Nuestro patrón de crecimiento, pese a sus éxitos, ha demostrado notables debilidades en materia medioambiental. Se ha producido un significativo incremento de consumo energético, ha aumentado la participación de energías fósiles en el balance energético y se ha empeorado el nivel de emisiones contaminantes. Una mejora del comportamiento medioambiental en el transporte debería articularse en dos ámbitos:

- Disminución de los impactos globales del transporte, mediante la integración de políticas de desarrollo urbano, económico y de movilidad, articulando los instrumentos necesarios para minimizar los desplazamientos habituales y facilitar una accesibilidad universal eficiente que asegure los servicios básicos con un mínimo impacto ambiental.
- Calidad ambiental en el entorno natural y urbano.

Se trataría de recuperar una senda de crecimiento sostenible con respecto al medio ambiente, ya que un descuido a corto y medio plazo puede suponer un factor limitativo de crecimiento en el futuro.

El Sector Ferroviario deberá hacer frente a los siguientes retos y contribuir a:

- Reducir las emisiones de CO₂, así como de otros contaminantes cumpliendo con el Protocolo de Kioto y las Directivas Europeas de calidad del aire.
- Utilización de alternativas energéticas (tecnologías del hidrógeno, levitación magnética, sistemas híbridos).
- Incorporar los diversos tipos de energías renovables, actualmente disponibles o de futura implantación, a los sistemas de alimentación las infraestructuras ferroviarias.
- Reducir ruido y vibraciones en espacios afectados por líneas de ferrocarril, tanto para el cumplimiento normativo como para la mejora competitiva frente a otros modos.
- Incrementar la utilización del transporte ferroviario como modo de transporte colectivo de carácter sostenible.
- Diseñar las nuevas infraestructuras con criterios de cohesión social y territorial y de sostenibilidad medioambiental y económica.
- Restaurar ecológicamente los espacios afectados por la construcción de líneas de ferrocarril.
- Desarrollar nuevos materiales –ecompras- y sistemas de diseño –ecodiseño- que, desde las

primeras fases de la concepción del producto, garanticen el respeto al medio ambiente.

Interoperabilidad y ERTMS de la red convencional

Los problemas nacionales encontrados durante el despliegue de la interoperabilidad y el sistema ERTMS/ETCS no serán ya acciones locales, sino que se habrán vinculado al ámbito comunitario, tal y como fija la Comisión Europea.

El Sector Ferroviario deberá hacer frente a los siguientes retos y contribuir a:

- Disponer de laboratorios líderes ERTMS que presten servicios no sólo a España sino a toda Europa, y al resto de países no europeos que están implantando el sistema, así como asistencia técnica a la ERA (Agencia Ferroviaria Europea).
- Haber definido un conjunto europeo de pruebas de integración tren-vía basadas en las inicialmente definidas en España y que se deberán utilizar en los corredores europeos y en los procesos de cross-acceptance.
- Haber desarrollado el nivel 3 de ERTMS o híbrido.
- Haber integrado el sistema GALILEO en el ERTMS.
- Haber finalizado el proceso de introducción de la interoperabilidad en la mayor parte de la red nacional.
- Reducir y optimizar los costes del sistema y del mantenimiento de ERTMS.
- Disponer de una red convencional interoperable con el resto de la red europea, incluidos los tráficos de mercancías, a través de una programación ordenada de actuaciones y del máximo aprovechamiento de las distintas tecnologías y sistemas de cambio de ancho.



- Disponer de una Autoridad nacional para la explotación y operación del sistema ERTMS/ETCS, ejecutiva y con participación activa en los foros europeos, que arbitre el desarrollo, aúne y coordine esfuerzos nacionales y defienda y realice sus propuestas ante los foros de discusión comunitarios.

Seguridad

La "safety" es una virtud intrínseca del sistema, no obstante, debe continuarse en la línea de mejora continua de la seguridad en la operación ferroviaria, incluida la seguridad en la circulación, garantizando el control de todos los riesgos y, en particular, los derivados del factor humano y la gestión de las operaciones.

Otro ámbito de especial importancia es la investigación en materia de protección y gestión de las emergencias. Los mayores retos se plantean desde el punto de vista de la "security". Además de la incorporación de las TIC's, debe producirse un importante incremento en la investigación que asegure el bienestar de las personas y la eficiencia en el transporte de las mercancías. El nuevo escenario mundial necesita de una mayor protección frente a actos ilícitos, siendo preciso disponer de medios más eficaces para prevenir y disminuir los riesgos frente a las amenazas de piratería y terrorismo.

El Sector Ferroviario deberá hacer frente a los siguientes retos y contribuir a:

- Seguridad en el diseño, construcción y operación del sistema de transporte ferroviario frente a ataques intencionados o desastres naturales.
- Sistemas eficaces de seguridad y detección de actividades terroristas basados en visión / inteligencia artificial.
- Sistemas de detección automática de actividades sospechosas.
- Sistemas de seguridad integral para alta velocidad, tanto en las infraestructuras como en el transporte masivo de pasajeros y mercancías.
- Incorporar el impacto de los factores humanos en el diseño, construcción y gestión de sistemas.
- Implantar sistemas para la predicción de errores humanos desde una óptica integral.

Mercancías

Los corredores de altas prestaciones, dando por supuesta la superación de un determinado umbral de tráfico, aseguran una mayor rentabilidad social y un impacto positivo sobre el territorio, con el ahorro de tiempo a los destinos servidos, pero introducen una evidente rigidez en el futuro de la red ferroviaria al utilizar parámetros que no siempre permiten cualquier tipo de tráfico mixto. Ello obliga a contar con la red convencional para mercancías, con riesgo de una posible infrautilización de las dos redes y aumento de costes en la administración de la infraestructura.

El reto y futuro de las mercancías estaría en:

- Maximizar la circulación de trenes de mercancías en las líneas modernas de altas prestaciones.
- Posibilidad de circulación de trenes de mercancías de más de 750 metros de longitud mediante

la previa adaptación de las líneas de la red básica para el transporte de mercancías por ferrocarril.

- Incrementar notablemente las velocidades de circulación de las mercancías (deseable como mínimo un 50% sobre las actualmente más reducidas).
- Incrementar en no menos del 70% las toneladas-kilómetro transportadas.
- Fomentar las alianzas de comercialización y desarrollo de servicios internacionales entre operadores ferroviarios y terminales (centros logísticos, puertos...)
- Potenciar la creación de nodos logísticos ferroviarios.
- Potenciar el desarrollo Intermodal, tanto en terminales como en plataformas.
- Desarrollar un sistema de identificación normalizada para las mercancías.
- Creación de "ciudades" multimodales de mercancías, con su ordenación territorial y un enfoque empresarial cooperativo.

Infraestructuras

Los desarrollos en técnicas de diseño, trazado y construcción de la infraestructura ferroviaria, especialmente respecto de la plataforma y obras de fábrica y los avances e innovaciones en gestión de la obra civil, no son específicamente ferroviarios y corresponden en general al Sector de la Construcción. En este sentido el Sector Ferroviario debería centrarse, con horizonte 2020, **en lo relativo al comportamiento dinámico de la infraestructura sometida a grandes cargas y velocidades y a los aspectos financieros y de mejora del rendimiento en el mantenimiento:**

- Profundización en el conocimiento de la degradación de las capas de asiento, del sistema de balasto y de la vía en placa.
- Avances en los métodos de cálculo y simulación.
- Perfeccionamiento de las técnicas de inspección y auscultación.
- Sistemas, tecnologías y metodologías para la reducción de los costes de mantenimiento, sin deterioro de las capacidades de la infraestructura.

En lo relativo a planificación de infraestructuras, y recogiendo las prioridades de la Ley de Economía Sostenible 2/2011 de 4 de marzo:

- Adaptar las líneas de la red ferroviaria de interés general incluidas en los corredores de mercancías a las condiciones de eficiencia y calidad comunitarias.
- Potenciar las conexiones viarias y ferroviarias con los puertos de interés general en función de su impacto económico potencial.
- Impulsar la creación, y mejora de los ya existentes, de apartaderos y centros de cambio modal y actividades logísticas que propicien la reducción de los costes de operación del transporte, mejore la intermodalidad y la eficiencia en el consumo energético.
- Introducir las mejoras que permitan la conexión de la red ferroviaria de alta velocidad con la red ferroviaria convencional.



- Desarrollar infraestructuras ferroviarias para la mejora progresiva de la conexión con las infraestructuras internacionales de ancho estándar.

Material rodante

Su desarrollo debe acompañar las exigencias de los operadores ferroviarios que, en esencia, vienen determinadas a su vez por los requerimientos de los usuarios –viajeros y cargadores-, por la competencia de otros modos de transporte y por el imprescindible equilibrio de costes. Los vehículos deben ayudar a que el modo ferroviario sea más atractivo para los usuarios ergonomía, versatilidad, entretenimiento a bordo, relación carga/tara,... sin descuidar las potencialidades intrínsecas del modo seguridad - fiabilidad - sostenibilidad.

El Sector Ferroviario deberá hacer frente a los siguientes retos y contribuir a:

- Técnicas innovadoras que permitirán una rápida implementación, y mejoren el servicio, la operatividad y la fiabilidad de los vehículos.
- Incorporación de tecnologías de diseño y fabricación rentables, flexibles y adaptadas al cliente –platforming, customización y modularidad–.
- Vehículos cuyo diseño permita, al término de su ciclo de vida, su rehabilitación y adaptación a las necesidades competitivas del servicio y a las nuevas normativas, sin necesidad de realizar costosas inversiones.
- Utilización generalizada de materiales reciclados a partir de materiales de desguace y desgaste.
- Aligeramiento para la eficiencia energética, manteniendo la seguridad y durabilidad.
- Herramientas específicas para el control del mantenimiento de los vehículos por parte de los administradores de infraestructuras.
- Alianzas estratégicas entre el cliente y el mantenedor, que permitirán una participación directa

del cliente en el servicio (MMR) y la materialización de contratos de mantenimiento a largo plazo.

- Optimizar los Planes de mantenimiento y gestión eficiente de mantenimiento de primer nivel de composiciones apartadas en vías de aparcamiento cambiando el modelo de mantenimiento actual.

Alta velocidad

La alta velocidad, entendida como sistema de transporte –infraestructuras-vehículos y oferta de servicios- goza de una excelente aceptación social, que ha conseguido revolucionar el reparto modal. El reto será mantener e, incluso, incrementar su atractivo, respondiendo a las exigencias de los clientes y los políticos, con suficientes garantías de seguridad y de protección del medio ambiente y con los menores costes posibles.

A 2020 el Sector, debería haber conseguido:

- Una red de alta velocidad-altas prestaciones, que alcance los 10.000 km de vía doble en ancho UIC, equipada toda ella con sistema European Rail Traffic Management System (ERTMS/ETCS) Niveles 1 y 2.
- Que el 90% de la población esté a menos de 50 km de una estación de alta velocidad y todas las capitales de provincia tengan acceso directo a la red de alta velocidad.
- Una alta velocidad muy competitiva en desplazamientos medios frente al transporte aéreo, para lo cual habrá de optimizarse el aprovechamiento de la capacidad de las infraestructuras y maximizar las velocidades de circulación con arreglo a sus criterios de diseño.
- Diferentes ofertas de servicios adicionales al de transporte de pasajeros en alta velocidad: bajo coste, mercancías de alto valor añadido, vehículos de transporte por carretera, etc.

Explotación de la infraestructura y operación de trenes

Los esfuerzos en el diseño e implantación de los sistemas y métodos operacionales, se deben dirigir hacia unas explotaciones cada vez más automatizadas y flexibles que minimicen los errores humanos y descarguen a los operadores de tareas rutinarias y repetitivas.

Una automatización de la explotación, con la utilización de líneas metropolitanas sin conductor, principalmente en aquellas líneas donde es necesario un incremento importante de la oferta de plazas debido al incremento en la demanda, o bien, en los casos de apertura de nuevas líneas, para reducir los costes operacionales.

- Una mejora en la eficiencia energética del transporte por ferrocarril, mediante la utilización de marchas optimizadas y principalmente mediante la recuperación de la energía del freno de los trenes y su devolución a la red eléctrica o su utilización en otros trenes que estén traccionando.
- Una mayor difusión e integración de la información entre sistemas, que mantengan bien informados a los usuarios mediante la utilización de diferentes canales de comunicación.





Análisis y diagnóstico 2011

3

3.1 Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad

- La finalización de las nuevas líneas de ferrocarril de alta velocidad y su coexistencia con una red ferroviaria convencional permite **múltiples formas de explotación de la infraestructura en su conjunto**. Así, se están barajando **distintas opciones**, como por ejemplo realizar una **explotación mixta** (transporte de viajeros y de mercancías ligeras) de líneas de alta velocidad o **especializar corredores** (realizando el transporte de viajeros y de mercancías por líneas diferentes).
- Un aspecto muy relacionado con las distintas formas de explotación de la infraestructura lo constituye su mantenimiento. Por ello, se ha identificado la necesidad de **incorporar los criterios de mantenimiento en el diseño de la explotación de la infraestructura**.
- Cada vez más se hace imprescindible pasar del análisis individualizado al **análisis del ferrocarril comparado con los otros modos de transporte**. La modernización progresiva de las infraestructuras ferroviarias y del material rodante, junto con el desarrollo tecnológico que está viviendo el Sector, están aumentando la eficiencia del transporte por ferrocarril y modificando la forma en que compite (o colabora) con otros modos de transporte. Por otro lado, los compromisos internacionales de **reducción de emisiones** y la búsqueda de **modelos energéticos sostenibles** en nuestro entorno están dando cada vez más protagonismo a la eficiencia energética y a la reducción de las emisiones en el transporte. Inevitablemente, la forma en que el ferrocarril compite (o colabora) con otros modos de transporte se va a ver afectada al presentar el ferrocarril bastantes ventajas en este sentido.
- Debido a estos cambios que se están produciendo, se hace indispensable disponer de **herramientas de modelado y simulación** de mayor exactitud, fiabilidad y potencia que las actuales y específicamente desarrolladas o adaptadas al ferrocarril, que ayuden en la toma de decisiones de cara al diseño de políticas de transporte y del posicionamiento estratégico del ferrocarril.
- En los últimos años, con la aprobación de los "paquetes ferroviarios" se están dando pasos muy importantes hacia la creación de un espacio ferroviario europeo en el que coexistan varios operadores de servicios ferroviarios que compiten entre sí, tanto en transporte de mercancías como de viajeros. Por ello, la nueva regulación del transporte por ferrocarril es uno de los retos que tiene en estos momentos el Sector. Se hace pues necesario el modelado y posterior **estudio económico de la competencia entre operadores** para ayudar a perfilar las políticas de transporte de futuro.
- En un entorno que está cambiando tanto como el del ferrocarril, resulta cada vez más difícil diagnosticar con precisión el estado del Sector de transporte por ferrocarril. Con la creación de ADIF y la aparición de nuevos operadores ferroviarios, la información estadística está más fragmentada, no siempre está disponible y a menudo no es homogénea. Además, el nuevo marco liberalizado va a obligar a caracterizar nuevos aspectos que hasta ahora no se estudiaban.

Por ello y, como factor determinante para la anteriormente mencionada modelización, es preciso efectuar una recopilación sistemática de la información relevante y su análisis y tratamiento continuado y con criterios científicos, al objeto de disponer de **estadísticas integradas, homogéneas y accesibles**, que permitan determinar las nuevas necesidades que irá teniendo el Sector, así como evaluar el impacto de las decisiones estratégicas que se adopten.

- En el marco de la construcción de nuevas infraestructuras ferroviarias que se vienen realizando en España y la ampliación (y renovación) del parque de material rodante, cobra especial relevancia la **búsqueda de nuevas fórmulas de financiación tanto en infraestructuras, como en equipamiento y material rodante**.
- Asimismo, con el desarrollo normativo en curso, la transposición de los “paquetes ferroviarios” y la Ley del Sector Ferroviario como escenario, cobra sentido estudiar la **posibilidad de traspasar competencias en materia de transporte ferroviario a las comunidades autónomas**.
- Aunque el desarrollo de técnicas para **reducir el impacto medioambiental** ha conocido un gran avance en los últimos años, sigue siendo aún un campo en el que queda mucho por explorar.

El concepto de medio ambiente ha sido tradicionalmente percibido como algo lejano, que no influía en el día a día y asociado a un aumento del coste que resultaba disuasorio. Pero hoy en día, sobre todo debido al cambio climático que se percibe como una realidad cercana, la sociedad está cada vez más concienciada de su importancia. Así, términos como ahorro energético y eficiencia energética, que relacionan la **protección del medio ambiente con un ahorro económico y eficiente**, son cada vez más populares.

Además, los avances tecnológicos han permitido que las energías renovables, que resultaban caras y de bajo rendimiento, hayan avanzado enormemente en su desarrollo y rebajado sus costes, alcanzando o aproximándose a niveles asumibles. No obstante, queda todavía mucho por hacer para seguir introduciendo los conceptos medio ambientales en los diferentes sistemas dentro del Sector Ferroviario.

3.2 Interoperabilidad y ERTMS

El sistema de señalización estándar europeo debe permitir la eliminación de las fronteras de señalización entre las diferentes redes nacionales. Es de obligada instalación en las líneas de nueva construcción y recomendado para las ya existentes superponiéndose a la señalización convencional. El ERTMS nivel 2 está operativo en la línea Roma – Nápoles, y también lo estará en breve en la línea Madrid – Barcelona, donde su validación ha sido difícil y costosa, lo que demuestra su alto nivel de exigencia.

- Se han construido **líneas piloto y las primeras líneas comerciales**; se han creado y puesto a disposición de la industria y usuarios al menos **dos laboratorios de referencia** en Europa, y están en desarrollo los **primeros certificados de conformidad** para componentes, conjuntos, trenes y líneas (aplicaciones genéricas y específicas). Todo ello comenzó financiándose con los programas marco de investigación, también con los programas TEN y, a continuación, con fondos estructurales y de cohesión.



- La **capa de gestión de tráfico de ERTMS, vinculada a la sociedad de la información, es la que menor desarrollo ha tenido** y es en la que se espera se dediquen, a corto plazo, los mayores esfuerzos de inversión comunitarios, a través de los nuevos programas marco y entroncando con programas europeos específicos como el correspondiente a GALILEO.
- Puede observarse un **notable desequilibrio entre las distintas implantaciones nacionales** lo que indica que los países, aunque bajo un mismo marco, en algunos casos no han superado los problemas asociados al sistema o bien tienen necesidades no cubiertas con la especificación actual y/o restricciones de índole nacional (amortización de activos convencionales). Los países que mejor han sabido desarrollar la política común son, aparte de España, con una clara apuesta por la interoperabilidad y el sistema ERTMS/ETCS, Suiza e Italia.
- En todo caso, **ya se reconoce por todos los países los beneficios** en seguridad, interoperabilidad y eficiencia financiera del ERTMS/ETCS; Su implantación ya ha comenzado a ser una realidad y no solamente en Europa sino en el resto del mundo como lo demuestra el dato de que más del 50% de las líneas contratadas con ERTMS están fuera de Europa.

En consecuencia, puede considerarse que:

- Desde un punto de vista práctico y teniendo en cuenta la política, los criterios y la perspectiva de ERTMS/ETCS fijados por la Comisión Europea hasta el año 2020, deberían abordarse, a nivel nacional, los **problemas encontrados durante el despliegue** no sólo como acciones locales sino **vinculándolas al ámbito comunitario**. Ha de tenerse en cuenta que no es posible solucionar los problemas técnicos de interoperabilidad encontrados en el despliegue hasta ahora realizado mediante un enfoque exclusivamente local. La incidencia de los problemas recae sobre las especificaciones y éstas no se generan o modifican a nivel nacional. En este sentido es muy importante la **aportación española, que ha desarrollado un conjunto de pruebas de integración tren-vía** que pueden ser asumidos como el germen de un nuevo capítulo del La ETI dedicado a este asunto.



- Un análisis de cómo se han abordado hasta el momento estos problemas a nivel nacional pone de manifiesto que, el **margen de maniobra para la defensa de determinadas posturas es muy limitado** (por ejemplo la modificación de las SRS y propuesta de funciones nacionales) y que, por otro lado, **tampoco se dedican esfuerzos suficientes para la defensa de los intereses nacionales ante los foros europeos**.
- Lo mismo resulta aplicable a otras áreas técnicas y debe, además, **preverse la situación** venidera en relación a la especificación de la capa de **gestión de tráfico y operación**, ya que España dispone, en alta velocidad, de un sistema muy avanzado. Aunque la especificación no pueda realizarse desde aquí es necesario que España pese adecuadamente y de forma coordinada en los foros de decisión, es decir, hay que defender la inversión realizada y/o garantizar una migración asumible.
- Por otro lado, en el ámbito nacional, vinculado con lo anterior pero con mayor margen de maniobra, se aprecia la necesidad de que tanto los usuarios como la industria puedan **acreditar adecuadamente los equipos y sistemas**. Esto debe concretarse en la oportuna dotación de infraestructuras de prueba más eficaces a todos los niveles:
 - **Laboratorios** (mayor dotación y alcance).
 - **Vías de prueba** (independizar pruebas de explotación).
- Asimismo, es absolutamente necesario **abordar sin reservas los problemas que una formulación ambigua en las especificaciones** acarrea sobre la conformidad de las obras y sus plazos de ejecución. El no ser responsable de la especificación (es responsabilidad comunitaria) no debe impedir **que a nivel nacional se formulen técnicas y métodos matemáticos de simulación**, etc. que eliminen la incertidumbre técnica sobre el sistema y faciliten las pruebas. Mas aún, tal aproximación posibilitaría una mejor defensa (podrá demostrarse su motivación) de los intereses nacionales ante los foros de discusión europeos. En este sentido se ha realizado un esfuerzo muy notable de armonización de las reglas de ingeniería en todas las líneas españolas

que asegura un funcionamiento mucho mas homogéneo en todas ellas mediante la implantación de unas reglas comunes.

- Además, tal y como se deduce de la experiencia práctica de las líneas puestas en servicio, debería abordarse sin reservas por la industria, las consultoras y los propios usuarios, la **innovación en los procesos de producción de las reglas de ingeniería**, mejorando tanto los procesos como las herramientas.
- Los **principales carencias**, o problemas encontrados, que condicionan el despliegue por tener incidencia en la Interoperabilidad del sistema ERTMS/ETCS, se enumeran a continuación:
 - **Especificaciones** funcional y técnica del sistema sin consolidar por completo. Si bien esta carencia ya se ha solventado con las reglas de ingeniería comunes anteriormente mencionadas.
 - **Ciertas ambigüedades** en las especificaciones que provocan diferentes interpretaciones de las mismas por parte de cada proveedor. De la misma manera que en el caso anterior, la implantación de todos los suministradores de vía y equipo embarcado en la red nacional ha resuelto este problema detectado inicialmente.
 - **Fiabilidad** de balizas (y, en general, de componentes interoperables) y **falta de un criterio común** para determinar la disponibilidad de los equipos (lo que influye en su aceptación cruzada). Este problema de "mortandad infantil" de ciertos componentes se podría, a día de hoy, ya dar por solventado.
 - Problemas técnicos en la **integración del sistema odométrico** del tren en ETCS.
 - **Asignación de frecuencias para Euroloop** (lo que ha limitado su despliegue práctico). Este subsistema, sin embargo, se estima como necesario en muchos países.
 - **Calidad de servicio GSM-R para aplicaciones de nivel 2**, lo que influye en la disponibilidad, y en consecuencia incide en las prestaciones de explotación.
 - **Despliegue práctico de la red GSM-R** y posible incompatibilidad con la especificación de UMTS (lo que debe preverse).
 - La **calificación de las aplicaciones del material y la vía** para su aceptación funcional y de seguridad cruzadas.
 - La **certificación efectiva** (acompañando siempre a la realización de las obras).

Por último, conviene no olvidar que, actualmente, los **fondos europeos de I+D+i dedicados al desarrollo de la especificación de ERTMS/ETCS** y solución de los problemas relacionados se considera que están comenzando a ser limitados, pasando a enfocarse preferentemente al desarrollo de las tecnologías de la información para el ferrocarril, es decir, **se derivan hacia la gestión de tráfico (no a la señalización)**, lo que debe ser tenido muy en cuenta en el ámbito nacional.

3.3 Material Móvil

Se incluyen bajo este epígrafe los aspectos referentes al diseño, construcción y mantenimiento del material rodante tractor y remolcado de todo tipo, incluso para ferrocarril "convencional" de viajeros y mercancías, alta velocidad, metros o tranvías, junto con los factores humanos y la ergonomía.

- El desarrollo de los nuevos trenes de alta velocidad ha conseguido revolucionar el reparto mo-

dal de los diferentes modos de transporte haciendo ganar un gran número de usuarios al tren en itinerarios donde su presencia era casi inapreciable. El mercado de la alta velocidad está en continua evolución, con gran cantidad de líneas de alta velocidad en construcción y una demanda sostenida de tecnologías y material. **Las compañías operadoras son cada vez más conectoras del producto y más exigentes en sus especificaciones y requerimientos.**

- Parece evidente, por tanto, que la industria debe hacer **evolucionar los trenes de alta velocidad** para responder a las exigencias de los clientes con suficientes garantías de seguridad y de protección del medio ambiente. No obstante, al tratarse de una tecnología reciente y revolucionaria, muchos temas técnicos deben ser perfeccionados tanto para el mejor funcionamiento de los trenes como para minimizar el impacto del sistema -infraestructuras y material- sobre el medio que los acoge.
- A muy alta velocidad cobra importancia fundamental la resistencia al avance provocada por la fricción con el aire. Su evolución con el cubo de la velocidad hace que pequeños aumentos de velocidad exijan un gran aumento de la potencia a suministrar. Esta fricción tiene por consecuencia la emisión de ruido y, tal y como se ha comprobado, la proyección de balasto contra los bajos del tren. Una de las claves para mejorar la eficiencia energética, aumentar las prestaciones de los trenes y reducir las emisiones sonoras tanto en el exterior como en el interior de los vehículos, es el **perfeccionamiento de las condiciones aerodinámicas**.
- Se ha constatado que, en las pruebas realizadas en la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona los trenes, al sobrepasar los 300 km/h, provocan turbulencias que levantan el balasto proyectándolo contra los bajos del tren. La fuerza con que son proyectadas las piedras es tal que se producen graves desperfectos en los bajos del tren. Para paliar estos efectos **se orienta el diseño a la modificación de los flujos de aire** mediante la construcción de bajos homogéneos y/o carenados, así como la reducción del número de bogies por rama. Actualmente se están desarrollando varios proyectos en esta línea de trabajo, como ejemplo:

AURÍGIDAS. Estudio del comportamiento aerodinámico tren-vía a velocidades superiores a 300 km/h. El fenómeno de levante de balasto.

BALASTO ARTIFICIAL. Desarrollo de sistemas mejorados de soporte y estabilización del emparrillado de vía.

- **La disminución de los niveles de ruido ambiental se ha convertido en uno de los grandes retos de la ingeniería de diseño**, tanto del ruido emitido desde los vehículos ferroviarios hacia el exterior, como del ruido que las fuentes acústicas de los vehículos ferroviarios transmiten al interior y soportan los pasajeros. La investigación debe contemplar el ruido de origen aerodinámico y el ruido producido por el contacto rueda-raíl, que son los componentes predominantes en el impacto acústico generado por el ferrocarril y, en segundo término, los ruidos generados por otros componentes como los motores y los sistemas de aire acondicionado, que pueden ser predominantes en la condición de tren parado.
- En las líneas de alta velocidad en construcción (LGV-Est) se está exigiendo que el límite sonoro provocado por el paso de los trenes de alta velocidad sea como mucho de 60 dB (A). Teniendo en cuenta que un tren de alta velocidad, por muy moderno y optimizada su aerodinámica que sea, llega con facilidad a los 100 dB (A) al paso sin parada en estación, es preciso disponer ele-

mentos de la obra civil -**barreras acústicas**- que permitan su absorción parcial.

- Un aspecto que cada vez cobra más importancia es el **ruido producido por ferrocarriles subterráneos**, que se percibe en los edificios y viviendas cercanos a la traza de la línea como un ruido de baja frecuencia. El hecho de percibir el ruido sin poder observar el paso del tren hace que los residentes tengan una mayor sensación de impotencia, lo cual se manifiesta en frecuentes quejas a un problema cuya solución requiere generalmente una elevada inversión. El estudio de la **transmisión de las vibraciones a las edificaciones afectadas** debe contemplar tanto la transferencia de vibraciones a la estructura como la generación de ruido estructural.
- Países como Noruega, Suiza, Suecia o Gran Bretaña, en el marco del Grupo vehículos para alta velocidad, han desarrollado diferentes modelos con el fin de tener una herramienta de predicción del impacto vibratorio en sus infraestructuras ferroviarias. Sin embargo, **estos modelos de predicción no son extrapolables a otros países** y, a día de hoy, aún no existe ningún protocolo o procedimiento estandarizado para la evaluación de las vibraciones provocadas por el tráfico de vehículos ferroviarios que permita unificar criterios y **evitar esta dispersión de modelos**.
- La posición de España frente a los países de su entorno y de Europa frente a los países asiáticos en lo que respecta a la **energía y su captación para la tracción ferroviaria es, en general, ligeramente inferior** en cuanto a **capacidad científico-tecnológica** de innovación, probablemente debido tanto a limitaciones de tipo tecnológico como de tipo económico. En consecuencia, para seguir trabajando en los temas que se consideran estratégicos sería conveniente que hubiese una cooperación entre la industria y los centros de investigación y tecnológicos, acompañada de la colaboración con empresas exteriores (muy importante la participación en Grupos de Trabajo, asambleas o foros internacionales) y potenciada mediante estímulos económicos/fiscales de la Administración.





- Los desarrollos en esta área de la **energía y captación de energía** se orientan, tanto a nivel nacional como europeo o mundial, a:
 - Almacenamiento a través de volantes de inercia.
 - Sistema de alimentación por suelo (APS).
 - Superconductores - Levitación magnética.
 - Supercondensadores.
 - Sistemas híbridos.
 - Y respecto a **energías alternativas** las principales iniciativas contemplan el uso de:
 - Hidrógeno.
 - Biodiesel.
- ③ Como consecuencia de que los trenes de alta velocidad deben circular, en muchas ocasiones, por otras líneas con voltajes y tipo de corriente diferente, deben tener tantos **tipos de pantógrafos** como tipos de líneas recorren -se dan casos singulares, como el del ICE 3 que circula entre París y Frankfurt y que tiene hasta seis pantógrafos-Otro problema añadido son los enganchones -con devastadores efectos sobre las catenarias y los costes de mantenimiento- debidos a las diferentes velocidades de circulación, tipología de la línea y material de las superficies de contacto. Por ello se está trabajando en el desarrollo de **pantógrafos para diferentes corrientes y voltajes y con regulación activa**, es decir, capaces de adaptar la fuerza ejercida contra la catenaria, en función de los diferentes parámetros físicos de cada circunstancia.
- ③ La actividad productiva en la industria ferroviaria es un caso singular en un mundo empresarial que tiende mayoritariamente hacia la producción en masa. Por una parte el mercado no está completamente abierto a la competencia sino que los grandes compradores son empresas públicas, algunas de ellas de gran tamaño. Esto hace que las empresas tengan mucho poder a la hora de definir el producto final e incluso de intervenir directamente en la elección de los proveedores.

Por otra parte, la manera clásica de trabajar es por proyectos, donde cada pedido constituye de facto la elaboración de un producto altamente diferenciado de los anteriores, tanto desde el punto de vista técnico como estético. Esto conlleva, como no podía ser de otra forma, una gran cantidad de trabajo de diseño e ingeniería asociados. Otra consecuencia negativa es que una vez lanzada la producción se detectan gran cantidad de errores que deben ser corregidos afectando a la ingeniería y, lo que es más grave, a toda la cadena de suministro. Además, como cada proyecto es un ente independiente no se suelen aprovechar sinergias con otros proyectos, o al menos cuesta crearlas, con lo que no se pueden generar volúmenes importantes que permitan generar economías de escala. Esta manera de trabajar se ha perpetuado a lo largo del tiempo en parte por las imperfecciones del mercado, en parte por la poca cantidad de empresas fabricantes de material rodante. Por lógica, **es necesario introducir nuevos métodos de concepción y fabricación del producto** que permitan mejorar la situación antes descrita. **Una opción es la creación de productos basados en plataformas o platforming.**

- ③ A pesar de las ventajas de eficiencia ligadas a la producción en masa, los fabricantes han hecho crecer sus líneas de producto y las diferencias entre sus productos con el objetivo de estimular las ventas y generar una mayor cifra de negocio, pero con la consecuencia de pérdida de rentabilidad y/o aumento del precio. Ante tal situación, las compañías deben **optimizar su variabilidad externa disminuyendo la complejidad interna generada por la diferenciación de producto**. El diseño a partir de familias de producto -**customización y modularidad**- puede ser otra manera eficiente de mantener las ventajas de la diversificación y equilibrar los costes. Mediante la utilización de elementos modulares se reducen los riesgos de desarrollo y de la complejidad en el sistema, se facilita la adaptación de los productos a los deseos del cliente y su actualización, se garantiza la flexibilidad y capacidad de respuesta de los procesos de fabricación y la fiabilidad de los elementos, probados en su uso comercial.
- ③ El sistema de frenado -esencial para la seguridad activa- se basa actualmente en la utilización de frenos neumáticos, con los inconvenientes que conlleva la gestión de fluidos: compresores, secadores, tuberías bajo bastidor y sistemas de control neumáticos complejos. Sería deseable la generalización del uso de **sistemas de frenado de accionamiento y de control eléctricos**, como los frenos magnéticos -de corrientes de Foucault- que actualmente sólo se utilizan para frenados de emergencia a altas velocidades. Otra posible línea de desarrollo son los frenos aerodinámicos, en la línea de los desarrollados en el tren bala japonés, supeditados a la resolución de los aspectos relacionados con el ruido generado y los posibles problemas de gálibo.
- ③ La amplia variedad de **materiales utilizados en los vehículos ferroviarios**, además de satisfacer su función principal, **deben cumplir unas exigencias muy estrictas de seguridad, mantenibilidad y respeto al medio ambiente**. Debe ser posible garantizar que responderán correctamente en caso de emergencia, lo que cobra especial importancia en las cercanías y metropolitanos, por las condiciones de masificación y confinamiento en que, con frecuencia, se produce el transporte. Igualmente, un correcto análisis del ciclo de vida debe conducir a materiales no agresivos con el medio ambiente, de alta resistencia y durabilidad y con costes de mantenimiento reducidos.
- ③ La necesidad de establecer una **normativa de fuego y humo en los vehículos ferroviarios** viene motivada por un parámetro esencial: maximizar el tiempo disponible para la evacuación

de los viajeros en condiciones de seguridad. Esta normalización no se hizo en su día de manera homogénea sino que cada país desarrolló una norma diferente, con la consiguiente dificultad a la hora de concebir productos aptos para operar en estados diferentes de la Unión Europea. La UIC ha desarrollado algunas guías orientativas para vehículos que atraviesan las fronteras pero no ha sabido crear una verdadera unidad.

La futura nueva norma europea de fuego y humo (actualmente aún como CEN/TS 45545) que sustituirá a las normas actuales vigentes en cada país miembro de la UE, incluye un cambio muy importante en la filosofía de los análisis de fuego y humo que se venían haciendo hasta ahora en España, entre otros países, en los que se consideraban los diferentes materiales de manera independiente (espuma del cojín, por ejemplo) y se analizaban, obteniéndose una clasificación fuego y humo para cada uno de ellos. Ahora deberán considerarse los materiales en su conjunto (por ejemplo, apoyabrazos, con carcasa, tejido y espuma) para someterse a los tests de fuego y humo. Se espera que así los resultados sean mucho más fieles a la realidad, pero ello implicará que **algunos de los materiales utilizados dejarán de ser aptos o deberán ser modificados.**

Actualmente bajo el paraguas del proyecto de investigación europeo TRANSFEU (FP7,2009-2012) se encuentra en elaboración la norma definitiva EN 45545-2, relativa a requisitos de los materiales de interiorismo frente incendio. Tras la conclusión de este proyecto se espera que la norma sea publicada, y posteriormente adaptada por cada estado miembro. Debido a esta próxima entrada en vigor de la norma será necesario **profundizar en el estudio de los materiales, su reacción al incendio y resistencia al fuego**, para evitar el incumplimiento de la norma y para mejorar la seguridad, al potenciar la implantación de materiales con propiedades de retraso al fuego (ignífugas). Será necesario investigar sobre nuevas técnicas de ignifugación basadas en nanotecnología con el objetivo del cumplimiento de exigencias crecientes en materia de Seguridad en caso de incendio.

Hasta el momento, los datos sobre propagación del fuego y humo producido por materiales sometidos a incendio se han obtenido través de ensayos realizados sobre prototipos del material. Ensayos que son muy diversos y diferentes entre países dentro de UE. Dicha técnica, aunque es muy fiable, consume muchos recursos, tanto económicos como en tiempo invertido. La simulación numérica de efectos como la temperatura de los humos desprendidos o la propagación de la llama es de gran complejidad y se encuentra aún en fase embrionaria. Por esta razón, hay que poner a trabajar en equipo tanto a fabricantes de piezas de interiorismo, fabricantes de material rodante y operadores para **desarrollar herramientas matemáticas de simulación numérica**, para la predicción del comportamiento al fuego de materiales, el estudio de la degradación de los mismos ante diferentes escenarios de incendio, etc.

El gran número de proveedores existente en el mercado dificulta la rápida verificación del cumplimiento de la norma EN 45545. Es necesario crear una **base de datos de materiales según su clasificación fuego y humo** que permita verificar si un material dado, o su asociación con otros, son o no respetuosos con la normativa de fuego y humo. De hecho uno de los más relevantes cambios en la norma EN 45545-2 es la incorporación de un método de medida de toxicidad dinámica basado en técnica "ftir", no existiendo aún en Europa suficiente información sobre la toxicidad de los gases de combustión de materiales de interiorismo de acuerdo a esta



novedosa metodología de ensayo.

- Una de las ventajas competitivas del ferrocarril es que **es uno de los sistemas más eficientes de transporte desde el punto de vista del consumo energético** y, por tanto, su gran contribución a disminuir las emisiones de CO2. Pero, con la aparición de energías más limpias como el hidrógeno esta ventaja puede disminuir, y hay que **seguir invirtiendo en la mejora de la gestión energética, en la reducción de peso y en sistemas de tracción más eficientes** que permitan un constante ahorro energético sin perjuicio de las prestaciones ofrecidas.
- El conseguir **una reducción del peso de los trenes es un factor clave de éxito**. Con una sustancial reducción de la masa se conseguiría un gran ahorro energético que pondría aún más de manifiesto las bondades del transporte ferroviario respecto a otros modos más contaminantes. Una línea de trabajo es la incorporación de materiales composites a los elementos estructurales. Paralelamente se deberán establecer nuevos sistemas de testeo para garantizar el correcto comportamiento de materiales que son determinantes para la seguridad del tren.
- Una de las maneras de **mejorar la eficiencia del ferrocarril es aumentar la electrónica embarcada -tcms-**. Pero esto tiene un riesgo, se debe garantizar que dicha electrónica no dará fallos cualesquiera que sean las circunstancias. Para ello se debe estar en condiciones de tener un alto valor en la escala SIL. En la aviación, donde el correcto funcionamiento de la electrónica es crítico se exige un nivel de SIL 4 (el máximo). En trenes de alta velocidad sería juicioso exigir un nivel similar. Por otra parte se debería promover la redundancia real de los circuitos, que actualmente consiste en duplicar un elemento sin más.
- No existe ninguna normativa operativa para **seguridad pasiva en interiores ferroviarios** –la única referencia existente es la AV/ST9001 del Reino Unido–, entendiéndose por tal toda aquella tecnología, metodología o procedimiento diseñados para reducir la magnitud de los daños que sufren los ocupantes de un vehículo ferroviario como consecuencia de una colisión.

Es necesario disponer de información para valorar qué implicaciones económicas y sociales tiene la seguridad de los ocupantes, a todos los niveles, desde las Autoridades de Transporte hasta los usuarios, pasando por los operadores, constructores, suministradores, consultores,... La sensibilización de las autoridades pasa por identificar la matriz de responsabilidades y el impacto asociado. El objetivo final es **diseñar vehículos lo más seguros posible dentro del marco normativo adecuado**.

- La **dinámica ferroviaria constituye un componente significativo e indispensable** de la ingeniería de vehículos ferroviarios. Con la ayuda de **simulaciones dinámicas por ordenador** pueden pronosticarse las características de marcha, reduciendo el alcance de los ensayos y acortando el periodo de diseño del vehículo. Pueden, igualmente, explorarse los nuevos límites que ofrecen las actuales posibilidades técnicas y solucionar los nuevos retos que estas mayores capacidades conllevan -ovalización de ruedas, desgaste ondulatorio de los carriles, fatiga del contacto rodante, etc.- e investigar el comportamiento dinámico completo de un vehículo o composición ferroviaria para predecir las cargas actuantes, la interacción de los componentes del vehículo durante la marcha, el comportamiento a choque, o el análisis aerodinámico.
- La existencia de un servicio de ferrocarril que se vea por el público como una alternativa capaz de competir seriamente con el vehículo privado y/o con el avión pasa por la mejora de la calidad del transporte ferroviario. Un **componente crucial de esta calidad lo constituyen los aspectos relacionados con el confort y la accesibilidad**, capaces de incrementar el bienestar social (mejora la calidad de vida de las personas) y la capacidad de producción (mejora en la movilidad laboral, facilitación de las relaciones comerciales y abaratamiento de los costes de desplazamientos en las empresas).



Es preciso **avanzar en la comprensión de la percepción de confort** y comunicar esta percepción a clientes y diseñadores para **convertirlos en necesidades de diseño y soluciones**. El problema planteado es complejo y todavía se encuentra abierto, no siendo posible encontrar una solución única. Esto abre un amplio campo de posibilidades para mejorar las condiciones del entorno de los usuarios a través de mejoras en los procesos de desarrollo de productos.

- Una **mejora en las condiciones de accesibilidad** poseerá un impacto considerable sobre la calidad de vida y entorno de las personas mayores y con discapacidad. Disponer de metodologías y herramientas tecnológicas para validar desarrollos o evaluar interfaces es una pieza clave e instrumental para poder estandarizar productos y procesos en primer lugar, y para comercializarlos con garantía de usabilidad en segundo lugar.
- La ERRAC en su Anexo Técnico a la Agenda Estratégica plantea como documento de referencia Global Rail Safety and Security, donde específicamente se hace referencia a Human Safety and Security Factors: "La combinación del entendimiento del factor humano en los sistemas tecnológicos y el conocimiento acerca del sistema ferroviario es con frecuencia precario". Se destaca la necesidad de investigación sobre el impacto del comportamiento humano, integrando los factores humanos para conocer el impacto del error humano en el sistema ferroviario y planteándose como retos y objetivos **"Reducir el error humano o al menos el impacto de los errores humanos en el sistema del ferrocarril"**.
- Los nuevos interfaces de ayuda a la conducción o de supervisión de parámetros como la velocidad o la frenada que supuestamente son una barrera para el error humano pueden suponer una interferencia en las tareas de primer orden en la conducción, pueden ser susceptibles de inducir distracción y carga cognitiva, por citar algunos efectos perversos de estos desarrollos. **Ha de garantizarse que las interface sistema-humano comercializadas son seguras**.
- Dado el impacto social de las catástrofes ferroviarias y el incremento del riesgo debido a la gran cantidad de kilómetros de túneles de nueva construcción, anticiparse a estos sucesos, investigando **sistemas más eficientes de emergencias y evacuación** y de manejo de los pasajeros en estas situaciones, es rentable no sólo económicamente sino políticamente para no elevar el nivel social de alerta o pánico ante escenarios cerrados.
- Un aspecto clave para aumentar la competitividad del ferrocarril respecto a otros modos de transporte es la **optimización del mantenimiento** de los vehículos ferroviarios, de forma que se consiga tanto una **reducción de costes como un aumento de la disponibilidad de los vehículos**. Tradicionalmente la optimización de las estrategias de mantenimiento no ha sido una prioridad tanto para fabricantes como para las administraciones ferroviarias. Sin embargo, en el nuevo escenario de la liberalización del sector se hace imprescindible aplicar las estrategias y herramientas más avanzadas tal como se está realizando ya en otros sectores de la industria.
- Con el aumento del nivel de prestaciones exigidas a los vehículos es necesario asegurar que los elementos estructurales se comporten de forma adecuada, sin que la seguridad se vea comprometida. En este sentido, se hace cada vez más necesaria la evolución en la aplicación de **técnicas de ensayos no destructivos (END)** a ejes, ruedas, bastidores de bogie, etc..., así como la armonización de los criterios para su aplicación.

3.4 Plataforma, superestructura, vía e instalaciones

En **Infraestructura y plataforma**, las nuevas exigencias del sistema hacen que al margen de líneas con requerimientos muy especiales (por ejemplo, grandes cargas por eje para líneas mineras y líneas con un tráfico muy elevado y sin tiempo de mantenimiento), el desarrollo de las líneas de alta velocidad y el incremento de las velocidades de circulación han dado lugar a líneas de investigación en plataforma y en el comportamiento dinámico de la infraestructura. Para velocidades superiores a 300 km/h, es necesario estudiar los **fenómenos de degradación acelerada de capas de asiento de la infraestructura** (incluido el balasto) y la conveniencia de adaptar la rigidez de la vía a estos nuevos requerimientos. Por otro lado, el **incremento de las velocidades de circulación y de los tráficos requiere mantenimientos de la vía cada vez más exigentes. El perfeccionamiento de las técnicas de inspección de vía** (defectos de alineación y nivelación, recientes progresos en la medición continua de la rigidez de la vía, progreso constante de técnicas como el geo-radar), permiten no sólo garantizar la seguridad y confort de marcha, sino, en paralelo, la programación más racional de las tareas de mantenimiento y la búsqueda de equilibrio entre la aplicación de medidas preventivas o correctivas “tempranas” y la aplicación, a partir de situaciones consideradas límite, de medidas estrictamente correctivas.

Respecto del **análisis de comportamiento de plataformas ferroviarias** cabe destacar:

- El desarrollo, iniciado en la década de los 70, de **modelos numéricos** para el análisis del comportamiento mecánico de plataformas ferroviarias así como de modelos para evaluar la degradación de la plataforma, a través del análisis de las cargas ferroviarias y de leyes de fatiga y daño. Existe, también con trabajos iniciados hace tres décadas, una línea de estudio basada en el análisis estadístico tanto de los tráficos soportados como de datos de mantenimiento de líneas. Actualmente se complementan estos estudios con herramientas más modernas (procesos de ruina o funciones gamma, sistemas expertos, procesos de lógica difusa, redes neuronales, etc.).
- Las necesidades estarían orientadas hacia un **mejor dimensionado de las capas de asiento** en líneas de nueva construcción o en la renovación de líneas existentes sometidas a nuevas exigencias de tráfico, así como en la mejora del comportamiento en servicio de estas líneas y la optimización del coste del ciclo completo de vida útil (LCC). Como caso puntual deben reseñarse los estudios destinados a la mejora o sustitución de algunas capas de asiento (mejora de plataforma mediante suelos estabilizados, tipologías con subbalasto bituminoso).
- En especial, y más recientemente, las inquietudes de los investigadores se orientan al **análisis y condiciones de diseño de plataformas para líneas con requerimientos especiales de tráfico** (ejes pesados de más de 22 t, tráfico mixto) y hacia el estudio de los fenómenos dinámicos, la interacción vía-vehículo y los fenómenos asociados a la variación de rigidez vertical de la vía, ya sea en tramos homogéneos o en puntos singulares (aparatos, estribos de puentes, presencia de estructuras u obras de fábrica en el seno de los terraplenes, transiciones balasto –placa, etc.).
- Los estudios del comportamiento de la infraestructura ferroviaria tienen una línea muy marcada en los esfuerzos por un mejor **conocimiento del comportamiento de balasto y materiales geotécnicos de las capas de asiento y de terraplén** (modelización del comportamiento de diferentes materiales, en especial frente a cargas dinámicas cíclicas y con variación de



la dirección de tensiones principales).

En cuanto a aspectos puntuales sobre **estructuras**, como fenómenos de resonancia de viaductos y de socavación de apoyos de puentes en cauces cabría destacar que:

- **Los fenómenos de resonancia pueden provocar el colapso de una estructura.** Aunque, hasta ahora este no ha sido un fenómeno especialmente preocupante porque para velocidades por debajo de 200 - 220 km/h no aparece resonancia, esta situación podría alterarse con la extensión de la alta velocidad ferroviaria, siendo además una preocupación casi exclusivamente del ferrocarril (los puentes de carretera no tienen, en principio, este problema), por lo que no cabe esperar innovaciones provenientes de otros ámbitos.

Las diferentes normas de cálculo de puentes contienen métodos simplificados para los cálculos dinámicos que no consideran la resonancia. Aunque útiles para líneas convencionales, estos métodos no son de aplicación para la alta velocidad.

- Por otra parte, la evolución del cambio climático hace presagiar avenidas cada vez más violentas (los últimos colapsos de estructuras que han tenido lugar en España no han sido debidos a fallo estructural, sino a la socavación), por lo que se hace necesario contar con métodos suficientemente contrastados y suficientemente conocidos por los diseñadores.
- Aunque existen diversos métodos para la estimación del riesgo de socavación en pilas y estribos de puentes, ninguno está suficientemente contrastado ni existe consenso claro en cuanto a cual utilizar. Los métodos de cálculo de socavación, basados casi siempre en resultados experimentales que deben extrapolarse de unos ríos a otros de características distintas (con evidentes problemas), no son además suficientemente conocidos por los ingenieros.

Uno de los campos de desarrollo tecnológico con mayor actividad en los últimos tiempos es el de la **auscultación geométrica**, donde las señales registradas se descomponen analíticamente para diferenciar el origen del defecto (por ejemplo en carril, vía o en catenaria) y por el efecto o la



influencia asociada al defecto (seguridad, confort). Por otro lado, las administraciones recurren a la auscultación dinámica donde se registra directamente la influencia de los defectos de la vía y de la catenaria.

Cabe destacar que la mayoría de las administraciones ferroviarias disponen de vehículos auscultadores para el subsistema rueda-carril y catenaria.

En mantenimiento hay que tener en cuenta el hecho de que el Sector Ferroviario español ha propiciado la existencia de **proveedores en régimen de monopolio**, a lo que se suma que, por inercia de circunstancias históricas, la **tecnología es en su gran mayoría foránea**.

Asimismo, debido al momento económico en que nos encontramos, es de vital importancia mantener el valor patrimonial que suponen las infraestructuras garantizando así la circulación por las mismas desarrollándose éstas en unas adecuadas condiciones de seguridad y eficiencia. Por esta razón, es de vital importancia plantear la necesidad de dedicar recursos a una investigación que nos dé la oportunidad de desarrollar innovaciones en ahorro de costos que permita extender la vida de estas construcciones a través del mantenimiento predictivo y las nuevas tecnologías. Asimismo el incremento de las velocidades de circulación y de los tráficos requiere una revisión de las técnicas empleadas actualmente para el seguimiento y análisis de su comportamiento así como de su mantenimiento.

Para poder impulsar la investigación, y con ello la innovación, es precisa una **transformación del Sector**, logrando la **implicación** de la parte demandante frente a la ofertante. Es preciso un **impulso** materializado en la puesta a disposición y apertura a las posibilidades al mercado, la concreción de facilidades para **tramos de prueba**, para la homologación de nuevos productos y para su uso; tras conseguir diseñar un producto y homologarlo. Igualmente es interesante abrir y compatibilizar los sistemas de manera que se pueda optar por comprar un elemento (señalización, comunicaciones,...) sin crear dependencias para su uso y mantenimiento.

Asimismo, durante los últimos años se han desarrollado los ya tradicionales intercambiadores con distintas tecnologías, con el fin de permitir el paso de un mismo tren por vías de distinto ancho. Actualmente está en fase de pruebas un sistema de cambiador universal de ancho para trenes, locomotoras, coches y vagones, de ancho variable de diferentes tecnologías.

3.5 Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario

El nivel de **desarrollo tecnológico es notable**, si bien existe una gran coincidencia en la necesaria **particularización de casi todos los sistemas y aplicaciones a las diferentes exigencias de las empresas de transporte ferroviario**. En muchas ocasiones, la razón de la singularización de estas soluciones reside en la ausencia de normativa. En otros casos, la propia idiosincrasia de los convenios colectivos de las empresas operadoras /administradoras de la red, sus políticas de mantenimiento, su pertenencia a consorcios de transporte, la exigencia de una coordinación tarifaria con otros modos, hacen que sea prácticamente imposible desarrollar una única solución que permita optimizar el esfuerzo de las empresas suministradoras del Sector.

En la mayor parte de las áreas de interés los desarrollos efectuados por las empresas de cada Sector de aplicación son presentados al resto del mercado como una **solución particular desarrollada con "la participación del cliente"** y con un grado de aprovechamiento muy dispar.

- En líneas metropolitanas han tomado cada vez mas importancia y se están imponiendo sistemas más **estandarizados** en lo concerniente a:
 - Automatización de la operación, con la implantación de líneas sin conductor (Driverless y UTO)
 - Sistemas de señalización CBTC
 - Puertas de andén
- Existen **áreas muy personalizadas** como:
 - Planificación y demanda
 - Programación de la operación
 - Planificación de recursos
 - Medidas de calidad
- En las áreas de **vigilancia, información y venta** se produce una mayor aplicación de **soluciones generales**, si bien se ha detectado una fuerte carencia en los desarrollos de equipamiento embarcado y su relación con las redes corporativas de gestión.
- Se detecta, cada vez más, un aumento en los **desarrollos tecnológicos relacionados con la "eficiencia energética"** y un aumento del material móvil que permite un aprovechamiento de la energía regenerativa que se produce durante el frenado, así como el almacenamiento de la energía regenerada.

Respecto de la seguridad del sistema teniendo en cuenta que la integración de la seguridad es un requisito para el resto de desarrollos tecnológicos e interfaces de cualquier actividad ferroviaria, para actualizar el enfoque de la I+D en el tema de la seguridad hemos de analizar cómo se ve

afectada por:

- La actualización de la Directiva de Seguridad Ferroviaria y la aparición de métodos comunes de seguridad para la obtención de indicadores de seguridad en relación a la tipología de los accidentes y los daños a personas, así como los costes externos asociados a la accidentalidad e incidentalidad ferroviaria.
- La implantación de la interoperabilidad con la liberalización real de los tráficos internacionales.
- El impulso decidido al transporte de las mercancías y las interacciones con el tráfico de viajeros.
- El aumento de explotaciones o líneas automatizadas y la preocupación por evaluar y gestionar los degradados de operación.
- La necesidad de proteger a los ciudadanos y las infraestructuras/ instalaciones ferroviarias (security).

No hay que olvidar las causas que produjeron los últimos accidentes ferroviarios en España y en Alemania. Tanto los errores humanos como los fallos técnicos exigen una constante mejora en los Procesos y Sistemas de Gestión de la Seguridad y en las barreras al error.

Todo ello desafía nuestra inteligencia y nos urge a ofrecer soluciones tecnológicas, organizativas y metodológicas en el ámbito de la Seguridad Ferroviaria.

Desarrollar los métodos de cálculo de costes de los accidentes ferroviarios facilitará mostrar a la industria y a la sociedad el valor de la prevención de accidentes, maximizando las inversiones en I+D dedicadas a la seguridad ferroviaria.

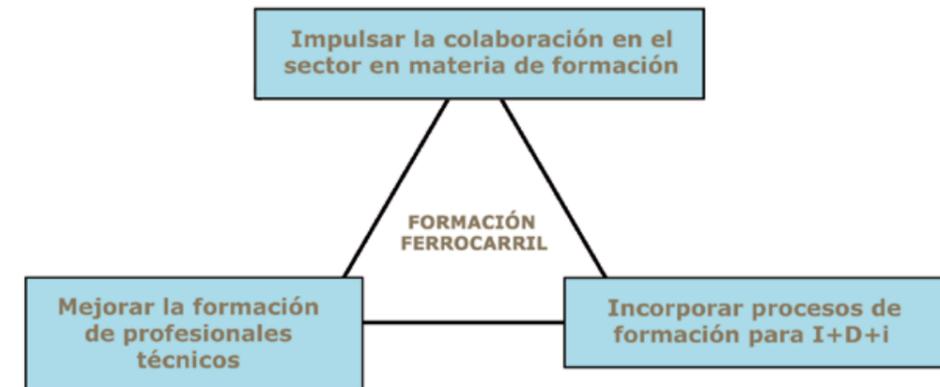
El fuerte impulso al “desarrollo de productos” que se está priorizando desde la puesta en marcha de Planes de innovación nacionales y Programas europeos, no debe dejar de lado el apoyo a proyectos que aporten conocimiento científico y la transferencia de conocimiento de otros sectores al ferroviario y viceversa.

- El cumplimiento y la aplicabilidad de modelos y metodologías que ayuden a que las normas RAMS puedan ser una realidad en cualquier organización ferroviaria, imponen una apuesta decidida por gestionar los riesgos de naturaleza humana y sus interfaces con los riesgos técnicos.
- Las tecnologías de mejora de la fiabilidad humana deben seguir siendo desarrolladas, tanto los simuladores de entrenamiento como el alcance y los posibles usos de los mismos, todavía no explorados en la actualidad.
- El desarrollo de medidas organizativas y tecnológicas que mitiguen los riesgos exportados al sistema ferroviario, incidiendo en la reducción del número de suicidios en las vías ferroviarias, así como evitar el acceso no autorizado de las personas y animales a las instalaciones ferroviarias.
- Los sistemas de ayuda a la decisión de los gestores de seguridad ante situaciones de incertidumbre, los sistemas de protección al servicio de los usuarios de trenes y de infraestructuras, la identificación temprana de riesgos emergentes que están surgiendo con la automatización y con el aumento de obras en las infraestructuras, los sistemas de inspección coordinados por el

gestor de infraestructuras y el explotador ferroviario (“integrated inspecting gates”) para la valoración de áreas críticas del sistema ferroviario (túneles, pasos a nivel,...) son líneas de trabajo que, junto a otras como la sensorización de intercomunicadores embarcados, la introducción de modelos matemáticos como ayuda a los problemas de la seguridad o la transferencia de metodologías entre distintos sectores, son posibilidades necesarias hasta ahora tímidamente consideradas pero que han de guiar decididamente nuestros desarrollos con el horizonte puesto en el 2020.

3.6 Carencias formativas

En este epígrafe se amplía información referente al subsistema de materia móvil. Los demás subsistemas quedan como aparecen en el documento Agenda. Se introducen, asimismo, los resulta-



dos del informe “Claves para el futuro de la formación en el ferrocarril español”, realizado por el grupo de percepción social, difusión y formación.

➤ En Material móvil

- Se constata que la educación recibida por los ingenieros en España va principalmente focalizada hacia la industria del automóvil más que hacia la ferroviaria, aunque existen Masters y cátedras ferroviarias.
- Existen enseñanzas sobre Material Móvil Ferroviario que se imparten en **asignaturas** tituladas “Ferrocarriles”, “Ferrocarriles y Tracción Eléctrica” o “Ingeniería de Vehículos” en un gran número de Escuelas de Ingeniería Industrial, principalmente en el último curso de las intensificaciones de Mecánica (ETSI Bilbao-UPV/EHU, ETSII Madrid-UPM, ETSII Sevilla-US, CPS Zaragoza-UNIZAR, ETSI TECNUN-Universidad de Navarra, ETSII Gijón-Universidad de Oviedo, Universidad Carlos III, UNED, ETSII Valladolid, etc). También diversos másteres específicos, como el “Máster en Sistemas Ferroviarios, ETSII-ICAI-Comillas”, entre otros.

El grupo de trabajo “Percepción social, difusión y formación” ha realizado un informe, que con el título “**Claves para el futuro de la formación en el ferrocarril español**” establece líneas de desarrollo futuro para la formación del sector ferroviario español y la diseminación de ideas. Se identifican tres ejes de desarrollo futuro y **diez líneas de acción** en materia formativa:

Eje 1: Colaboración en el sector en materia de formación

Impulsar la colaboración entre los agentes del sector ferroviario es una prioridad para el mayor aprovechamiento del potencial de crecimiento que ofrece el nuevo entorno de innovación abierta en el que se mueve Europa. Las líneas de acción establecidas para este eje serían 5:

1. Política y Estrategia Formativa común
2. Homologar Competencias Profesionales
3. Cuestiones éticas y prácticas de asociación responsable
4. Titulaciones conjuntas Universidad-Empresa
5. Red de instituciones y centros de excelencia

Eje 2: Formación de profesionales técnicos

La formación operativa, de carácter predominantemente técnico, debe orientarse a la definición y homologación de las competencias necesarias para el desempeño profesional y facilitar vías de cooperación entre los sistemas de formación internos del sector con los de carácter generalista de educación oficial. Se establecen 2 líneas de acción:

6. Carrera profesional ferroviaria. Cualificaciones Ferroviarias
7. Itinerarios y programas formativos comunes

Eje 3: Formación personal investigador I+D+i

Los procesos de innovación, con sus componentes de investigación y desarrollo dentro del sector, requieren formación especializada para facilitar la incorporación de investigadores dentro del sector, impulsando de esta manera los procesos de transferencia y difusión de conocimiento entre los investigadores y expertos del sector. Se establecen 3 líneas de acción para este eje:

8. Formación para investigación y transferencia tecnológica
9. Difusión y divulgación I+D+i
10. Apoyo incorporación investigadores y empresas de vanguardia

El informe finaliza con las siguientes conclusiones:

- Es necesario realizar recomendaciones en materia formativa para el sector.
- Hay que impulsar prácticas de colaboración en el sector.
- Es necesario difundir y diseminar ideas, apoyar a la innovación y a la transferencia tecnológica.
- Crecimiento y desarrollo personal como base para la capacitación y desempeño profesional.
- Hay que concretar iniciativas dentro del grupo, proyectos piloto y efecto demostración.



Resumen del DAFO

Este resumen contiene los epígrafes principales del análisis DAFO que se incluye desarrollado en el Anexo I.

DEBILIDADES

- Resistencia al cambio tecnológico y a la innovación.
- Dependencia tecnológica del exterior.
- Falta de competitividad con respecto a empresas extranjeras.
- Tipología de la estructura industrial inadecuada para la I+D+i.
- Deficiencias y falta de armonización en el ámbito legislativo y normativo.
- Falta de planificación estratégica en I+D.
- Insuficientes infraestructuras científicas y tecnológicas.
- Insuficiente cultura colaborativa entre los agentes implicados.
- Carencia de visión global para la gestión, explotación y planificación.
- Cambio en la financiación pública con hincapié en la financiación bancaria.

AMENAZAS

- Competencia con empresas extranjeras.
- Competencia con otros modos de transporte.
- Competencia con centros de investigación extranjeros.
- Normativa no consolidada y previsibles mayores exigencias en Europa.
- Fragmentación del mercado como consecuencia de la liberalización del Sector.
- Especificidad del sistema ferroviario español.
- Marco europeo.
- Aumento de tráfico en red convencional.
- Otros agentes: medio ambiente, seguridad y calidad.

FORTALEZAS

- Elevado nivel de desarrollo y consolidación del Sector Ferroviario.
- Impulso inversor en el Sector Ferroviario.
- Tecnologías.
- Liberalización y políticas europeas.
- Centros de investigación.
- Creación de centros tecnológicos. CTF.
- Percepción social positiva.

OPORTUNIDADES

- Impulso desde las administraciones al desarrollo de actividades de I+D+i.
- Aplicabilidad de nuevas tecnologías desarrolladas en otros Sectores.
- Posibilidad de exportar tecnologías ferroviarias en la gestión de la energía y eficiencia energética al sector de la automoción.
- Globalización del mercado.
- Mejora en la totalidad del sistema.
- Competencia y colaboración con otros modos de transporte.
- Sensibilización social positiva y cambios sociales.





Líneas de Investigación

5.1 Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad

🔗 Formas de explotación de la infraestructura

- Estudio de las fortalezas y debilidades de las líneas de tráfico mixto. Diseño de formas de explotación de la red que integren líneas de alta velocidad y convencionales. **Nuevos usos de la infraestructura**, tanto optimizando las líneas ferroviarias como buscando rentabilidades alternativas a las infraestructuras. Esta línea debería permitir **bajo claros objetivos** identificar los costes y los beneficios de estas alternativas. A medio plazo particularizar el estudio de su viabilidad a varias líneas concretas y a largo plazo dar criterios a los entes públicos involucrados.
- **Optimización de la gestión y operación de la infraestructura en la que conviven redes convencionales y de alta velocidad.** Incorporación de criterios de mantenimiento a la explotación, identificando ratios por pasajero en las diferentes líneas ferroviarias. A medio plazo, esta línea de investigación debería permitir la obtención de criterios de ayuda en la toma de decisiones **económicas, estratégicas y políticas.**
- **Estudio económico del mantenimiento de vías y elementos relacionados.** Diseño de políticas de mantenimiento. **Necesitamos disponer de indicadores** que nos permitan desarrollar modelos para analizar la situación actual en España y compararla con otros países. A largo plazo debería permitir mejorar la fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y disponibilidad de los elementos más importantes que conforman el sistema de transporte ferroviario, y por ello incrementar la eficiencia económica de las empresas.
- **Identificación del material móvil (vagones y contenedores) para disponer de geoposicionamiento del material para su localización y control de paso.**

🔗 Herramientas de planificación para la ayuda a la toma de decisiones. Evaluación de políticas.

- **Necesidades de movilidad que afectan al ciudadano actual y futuro respecto del transporte ferroviario y en comparación con otros modos de transporte.** El análisis comienza definiendo las características socioeconómicas del ciudadano actual y la evolución de las necesidades de la movilidad. Tras esta aproximación se analizan los posibles cambios de las variables socioeconómicas y tecnológicas y las posibles necesidades de movilidad para escenarios a largo plazo teniendo en cuenta factores sociales para promocionar el uso del transporte ferroviario.
- **Tarificación por el uso actual de la infraestructura ferroviaria. Ayuda a la toma de decisiones.** Implicaciones para el desarrollo de la competencia, efectos económicos sobre la actividad de explotación ferroviaria. Análisis de los costes externos y las metodologías de interiorización de los mismos por parte de las empresas de transporte para su aplicación al ferrocarril y a la comparativa intermodal.
- **Homogeneización de variables críticas relevantes para la planificación.** Desarrollo de metodologías de valoración. El desarrollo de esta línea de investigación permitiría disponer de

5



una metodología común a todos los agentes involucrados (administraciones y entes públicos, operadores, etc.) que ayude a integrar la información que tenga orígenes diferentes.

- **Información y necesidades estadísticas.** Identificación de la información útil en el marco competitivo. Tratamiento. Desarrollo a nivel europeo y nacional. El desarrollo de esta línea de investigación permitiría disponer de un mejor conocimiento de la realidad del Sector Ferroviario, accesible y transparente en su caso, que redundaría en un mejor apoyo a la toma de decisiones. Asimismo, permitiría optimizar y racionalizar los esfuerzos en la recogida y procesamiento de estadísticas.
 - **Aportaciones del ferrocarril a la reducción de emisiones contaminantes.** El papel del ferrocarril como modo menos contaminante debe seguir siendo cuantificado y es importante conocer estos datos en una metodología comparativa con otros modos de transporte para conocer el alcance de posibles políticas Sectoriales. Estas investigaciones permitirán, además, una mayor eficiencia en la transposición de las Directivas que afectan al cambio climático.
 - **Definición de indicadores de servicio para pasajeros y para mercancías en un contexto multi-operador.** Esta línea de investigación debería permitir la definición de parámetros para cuantificar los distintos aspectos que componen la excelencia de un servicio. Estimación de los costes asociados a la operación en condiciones de seguridad.
- ➔ **Financiación y desarrollo competencial**
- **Desarrollo de nuevos modelos de financiación de infraestructuras, equipamiento y material rodante: enfoque económico y jurídico.** A corto plazo, estudio de la situación actual y propuesta de fórmulas innovadoras de financiación. A medio largo plazo, aplicación de las fórmulas desarrolladas colaborando con empresas y entes públicos.
- ➔ **Técnicas para la sostenibilidad energética y medioambiental**
- **Impacto energético del entorno ferroviario.** Fundamental para que el Sector Ferroviario adopte el compromiso de las reducciones de CO₂, reduciendo los consumos energéticos que

se generan, con objetivos de mejora continúa contrastando datos en tiempo real con históricos. Difusión de las ventajas de la utilización del transporte público versus otros medios de transporte.

- **Restauración ecológica de espacios afectados por la construcción de líneas de ferrocarril.** Definición de nuevos procesos y tecnologías para dar soluciones adecuadas a la restauración ecológica de estos enclaves, suprimiendo la incertidumbre de resultados satisfactorios y pudiendo así optimizar los costes.
- **La implantación de los diferentes tipos de energías renovables** existentes en la actualidad en las infraestructuras ferroviarias. Existe un gran potencial dentro de las infraestructuras todavía por explotar utilizando las energías: solar, eólica, geotérmica en: parking, tejados, los edificios, los túneles, las zonas de mantenimiento, etc. Todo ese material debe de estar pensado para que cuando termine su tiempo de uso, pueda ser reutilizado mediante un posterior tratamiento.

5.2 Interoperabilidad y ERTMS

- ➔ **Métodos formales aplicados a la interoperabilidad y al ERTMS/ETCS, para solución de discrepancias entre versiones y potenciar la compatibilidad entre componentes.** Nuevos procesos y herramientas de análisis.
- ➔ **Armonización de los criterios de acelerado y frenado del material rodante,** de forma que se optimice el proceso de preparación de datos de los equipos embarcados ETCS y se involucre en el mismo a los operadores.
- ➔ **Caracterización precisa del entorno electromagnético del sistema ferroviario,** propiciando con este conocimiento la reducción de los problemas de perturbaciones asociadas.
- ➔ **Consolidación de un laboratorio de referencia ERTMS,** procediendo a su dotación de equipamiento con un alcance adecuado y planificado, que permita ampliar y estructurar las pruebas a realizar en laboratorio, optimizando los procesos de interoperabilidad.
- ➔ **Diseño y construcción de una vía de pruebas** para realización de ensayos difícilmente reproducibles en laboratorio y, en particular, de aquellos vinculados a la verificación del correcto funcionamiento en condiciones de uso y aplicación medioambientales, independizándolas de la explotación.
- ➔ **Incorporación de las nuevas tecnologías** al campo de la interoperabilidad: nuevos sistemas de comunicación, GALILEO, etc.
- ➔ **Establecimiento de sistemas de gestión documental** y de formalización precisa de las especificaciones del sistema (a todos los niveles) que pueda ser compartido por todos los agentes implicados.
- ➔ **Articular métodos comunes de cualificación de equipos embarcados e instalaciones de vía** a ejecutar tras la validación de aquellos por la Industria.
- ➔ **Estimular y potenciar la innovación en los procesos de producción de ingeniería ERTMS en**

las aplicaciones ferroviarias.

- **Sistema de ayuda a la gestión y la seguridad:** herramientas de análisis de datos ERTMS. Despliegue de sistemas de comunicaciones tierra-tren-tierra, envío de la información del sistema de diagnóstico embarcado al taller. Localización de tren - envío de la posición y velocidad- vía GPS/GALILEO. Desarrollo de interfaces de detección automática de errores de comunicación. Adaptación/integración de tecnologías.
- Validación del laboratorio de referencia ERTMS mediante la comparación entre pruebas complementarias ejecutadas en laboratorio y en vía.
- **Consolidación de pruebas de nivel 2 en laboratorio de referencia** mediante la integración de RBCs industriales, simulador de tráfico y eurocabinas industriales.
- **Desarrollo de estudios de mercado de ERTMS** conducentes a la reducción de costes del sistema y optimización de costes de mantenimiento.
- **Optimización y estandarización de la funcionalidad e interfaces de los enclavamientos electrónicos:** interfaces enclavamiento-enclavamiento, enclavamiento-RBC y enclavamiento-elementos de campo.

5.3 Material Móvil

- **Sistemas de comunicación y entretenimiento:** mejoras de las telecomunicaciones al usuario.
 - A bordo. LCD, DVD, (actualmente se están incluyendo en los vehículos) Wifi, IP.
 - Con el exterior. (GSM-R, GPRS, EDGE ó UMTS). (Se está trabajando en estos aspectos)
- **Transmisión de datos**
 - **Empleo de la catenaria** como medio físico para la transmisión de datos.
- **Frenos.** Desarrollo y optimización de sistemas de frenado (neumáticos, magnéticos con corrientes de Foucault, aerodinámicos). Frenados de altas potencias. Frenos de fibra de carbono. Sistemas de frenado independientes de la TFA. Frenos aerodinámicos. Optimización del frenado eléctrico. Frenado hidráulico (tranviario).
- **Tracción.** Motores integrados en eje, sin reducción. Ancho variable en alta velocidad. Sistema automático de cambio de ancho. Actualmente está en marcha el proyecto "UNICHANGER. Desarrollo de cambiador universal y estrategias de compatibilización y migración en la red ferroviaria española".
- **Dinámica ferroviaria y diseño de vehículos**
 - **Aerodinámica.** Mejoras aerodinámicas: como mejora en eficiencia energética, mejoras del efecto estela, de la resistencia al avance, del levantamiento de balasto, de las ondas de presión (túneles, cruce de trenes), etc.
 - **Climatización.** Fluidodinámica. Desarrollo de sistemas de ventilación mecánica del sistema con tiempo de actuación mínimo. Desarrollo de sistemas de climatización, protección contra ondas de presión. Sistema de detección y cierre y sistema activo de renovación de aire.

- **Rodadura y suspensiones.** Modelos de contacto rueda carril en alta velocidad. Nuevos perfiles de rueda y nuevos materiales. Trenes de levitación magnética. Desarrollo de suspensiones activas "inteligentes". Fatiga de componentes/estructural.
- **Interacción con la infraestructura.** Estudios de compatibilidad electromagnética. Problemática asociada a la introducción de equipos nuevos en material móvil antiguo y los procesos de homologación asociados.
- **Criterios medioambientales.** Reducción de la emisión de partículas por los motores diesel. Desarrollo de filtros de partículas para motores diesel ferroviarios. Actualmente está en curso el proyecto europeo **CleanER-D** (Clean European Rail-Diesel) de tecnologías de reducción de emisiones.
- Investigación y desarrollo de los sistemas de regeneración de los filtros. **Mejoras de rendimiento** de motores diesel. Sistemas de ensayo y normalización de motores. Gestión de los residuos de WCs de vacío, químicos y biológicos.
- **Software- electrónica a bordo.** Investigación en electrónica embarcada en vehículos, sistemas TCMS, aumento de la seguridad de funcionamiento (nivel 4 SIL- Safety Integrity Level), conducción automática, software de gestión de operaciones de conducción económica, sistemas de alarma de fallo no catastróficos que permitan el movimiento del vehículo. Influencia de los interfaces en la gestión de crisis y emergencias.
- **Materiales.** Investigación y desarrollo de materiales con aplicaciones ferroviarias de características: aislantes acústicos, materiales compuestos (laminados de material compuesto, paneles sándwich, estructuras carbono-carbono, elastómeros, elastómeros de alta resistencia a fatiga), materiales ligeros, reciclables, ignífugos y retardadores de llama, baja emisión de humos, sistemas de caracterización de materiales, normalización, antivandalismo, ecodiseño.
- **Eficiencia energética.** El objetivo es el desarrollo de tecnologías que permitan la optimización





energética del ferrocarril.

- **Aspectos tecnológicos.** Mejora de la gestión energética y eficiencia energética en sistemas de tracción y auxiliares. Técnicas de explotación eficiente, sistemas de aprovechamiento y almacenamiento de energía del frenado.
- **Aspectos políticos y económicos.** Estandarización en conducción eficiente. Establecimiento de planes de acción anuales de eficiencia energética en el ámbito nacional. Incentivar medidas de eficiencia energética. Mejor orientación de las ayudas públicas. Fomento de la contratación pública de nuevas tecnologías para la eficiencia energética. Nuevos instrumentos de financiación. Fomento de la construcción eficiente.. Fomento del transporte colectivo (ferrocarril, transporte marítimo y fluvial, etc.). Estrategia E4. Planes de movilidad. Fórmulas de financiación de vehículos más eficientes.

➤ Sistemas de captación de energía

- Sistemas de **captación** de energía, pantógrafo activo, adaptación de pantógrafo a distintas líneas.
- Sistemas de **alimentación por suelo**.

➤ Alternativas energéticas

- **Biocombustibles.**
- Tecnologías del **hidrógeno**.
- **Levitación** magnética.
- Sistemas **híbridos**.

➤ Sistemas de almacenamiento de energía

- Almacenamiento de energía a través del **volante de inercia**.
- **Supercapacitores**.
- **Baterías**.

➤ Factor humano

- Estudios de **psicología básica sobre las estructuras del comportamiento en el error humano** y el consecuente desarrollo y control de procedimientos, métodos de entrenamiento y programas que presten atención a la situación especial del ferrocarril.
- Requerimientos humanos en **operaciones degradadas**, sistemas resistentes al error.
- Reducir el error humano, o al menos su impacto, en el sistema ferroviario, en especial reforzando la **prevención de accidentes**, en la que el error humano está teniendo la más alta contribución.

➤ Fiabilidad y disponibilidad

Actuaciones encaminadas a la solución de cuestiones específicas que inciden negativamente en la fiabilidad:

- Estudios **RAMS, RCM**, etc.
- Desarrollo de **sistemas redundantes** “reales” que permitan seguir circulando cuando existan fallos.
- **Modularidad** de componentes. Cambios rápidos.
- **Disminución** del nº de elementos integrantes del sistema de tracción.

➤ Mantenimiento. El objetivo es el aumento de vida útil de vehículos, sistemas y componentes, optimización de costes, aumento de la fiabilidad y la seguridad.

• Instrumentación. Sensorización on-board.

- Diseño de **sensores inteligentes** orientados al mantenimiento. Se pretende el diseño de sensores específicamente adaptados para el desarrollo del mantenimiento predictivo.
- **Monitorización remota** de elementos críticos para el funcionamiento de los vehículos. Control remoto de las variables críticas que intervienen en el mantenimiento de los sistemas ferroviarios.
- Establecimiento de **diferentes niveles de actuación de la electrónica de control** de los vehículos en función de las alarmas detectadas. El objetivo es definir protocolos de actuación de los sistemas de control activos de los vehículos con el fin de evitar al máximo las paradas e incidencias en vía de vehículos: posibilidad de que el vehículo llegue a estación en cualquier situación.
- Revisión y análisis de la información recogida por el material rodante (bien a través de la instrumentación propia del vehículo o bien a través de instrumentación específica implantada para ese fin) a través de técnicas de **mantenimiento predictivo y/o nuevas tecnologías** para establecer una correlación entre dicha información y el estado de la infraestructura que atraviesa.

- **Sistemas de diagnóstico de averías.**

- Dotar a los talleres de **herramientas y sistemas de ensayo automatizados** de los principales sistemas, equipos y componentes ferroviarios.
- Desarrollo de **nuevos algoritmos y sistemas expertos de diagnóstico** que permitan determinar el estado real de los sistemas monitorizados. Estos sistemas se han de alimentar a través de dos tipos de datos principalmente: por un lado, los datos adquiridos en taller de manera discontinua con equipos de diagnóstico y, por otro, datos procedentes de la monitorización embarcada en los vehículos.

- **Organización y planificación del mantenimiento.**

- Estrategias de mantenimiento basado en predictivo, realizadas en función del estado de los componentes. Planificación del mantenimiento por equipos y sistemas, no por vehículo, con el fin de reducir el tiempo de indisponibilidad de los vehículos.
- Sistemas expertos de planificación de las estrategias de mantenimiento. Implantación y desarrollo de sistemas de toma de decisiones orientadas a la programación de las acciones de mantenimiento en taller.
- **Introducción y extensión de estrategias y filosofías de mantenimiento** tipo RCM y estandarización del proceso de optimización de los Planes de Mantenimiento con el operador y el gestor de la infraestructura.
- **Estrategias de gestión eficiente de mantenimiento de primer nivel** de composiciones apartadas en vía.
- Estandarización del proceso de retornos de experiencia del mantenedor al operador y al fabricante.
- Estandarización de los criterios de aplicación de las técnicas de ensayos no destructivos (END) a los vehículos ferroviarios.

- **Diseño de los vehículos orientado hacia el mantenimiento.**

- Se pretende mejorar las actuaciones de mantenimiento de determinados sistemas de los vehículos ferroviarios en base a un nuevo concepto de diseño de los vehículos que tenga en cuenta, no sólo aspectos de operación, calidad y seguridad de funcionamiento, sino aspectos de **diseño que faciliten las labores de mantenimiento** del personal de taller, redundando en una reducción de tiempos de parada del vehículo.

- **Rehabilitación y modernización de unidades de tren.**

- Rehabilitación de los vehículos de antigüedad cercana a su ciclo de vida, adaptándolos a las nuevas necesidades competitivas del servicio y a las nuevas normativas.
- Procesos de bajo costo para la modernización y puesta al día del material móvil antiguo, incorporando nuevos diseños, redes de comunicación y equipos más fiables y actualizados.
- Diseño de subconjuntos tipo kit de montaje, que faciliten la mantenibilidad y la realización de los trabajos de desguace y rehabilitación.
- Rediseño de subconjuntos para el tratamiento de obsolescencias.
- Tratamiento y reciclado de los materiales de desguace y desgaste.



- **Seguridad**

- **Seguridad pasiva.** El objetivo es el aumento de la seguridad de los vehículos y las instalaciones ante eventos de fuego, así como la mejora de la integridad estructural de vehículos ferroviarios con la utilización de materiales con mejores prestaciones.
 - Fuego y humo (minimizar tiempos de evacuación). Minimizar tiempos de evacuación, materiales, reacción (propagación, toxicidad y opacidad) y resistencia al fuego, reglamentación europea (futuros requerimientos, desarrollo de herramientas de simulación numérica y base de datos de materiales específica). Desarrollo de normativa.
 - Seguridad pasiva en **vehículos de alta velocidad**. Base de datos de accidentes. Integridad estructural (normativa, criterio de diseño, escenarios de impacto, mecanismos de colapso, sistemas de absorción de energía, materiales, simulación, ensayo, validación). Diseños interiores desde la perspectiva de la seguridad pasiva (normativa, estudios de comportamiento de viajeros, criterio de daño, evacuación, escenarios de impacto, sistemas de retención de pasajeros, simulación, materiales, ensayo, fuego).
 - Desarrollo de **sistemas de información** en interior y exterior de trenes (túneles, estaciones,...) que sean facilitadores de una posible evacuación.
- **Sistemas de ayuda a la seguridad.**
 - Desarrollo del ERTMS/ETCS nivel 3. Estudios de viabilidad.
 - Unificación de los DMIs, para el ERTMS/ETCS y STM-LZB. Mejor formación del personal de conducción.
 - Redundancia completa de los equipos ETCS y sistemas relacionados con la seguridad. Lectura de las funciones características de las líneas.
 - Conducción automática de vehículos.
 - Detección de descarrilamiento.
 - Detección de elevados vientos laterales, adaptación automática de la velocidad del tren.

- Seguridad en túneles. Actuación ante incidencias.
- Interferencias armónicas. Armónicos: estudios que permitan fijar los umbrales de las corrientes armónicas, a cada una de las frecuencias de los relés de vía.

➤ Ruido y vibraciones

- **Limitación de los niveles de ruido percibidos en el interior de los vehículos.**
- **Vibroacústica.** Estudio de ruido en el tren y su entorno. Generación de ruido mecánico, aerodinámico, estructural, magnético, sistemas de predicción y medida, ruido interior y exterior. Propagación del ruido (en terreno, edificios). Calidad acústica. Control activo. Avances a nivel europeo (SILENT TRACK, SILENT FREIGHT, METARAIL, etc.).
- **Modelización global** del problema acústico.
- **Disminución del ruido exterior generado por el material rodante** (rodadura, pantógrafo, ruido aerodinámico, etc.).
- Desarrollo de nuevos diseños de **rueda elástica adaptados a tráfico pesado**, especialmente con altas velocidades de circulación.

➤ Simulación ferroviaria

- Simulación de la **dinámica ferroviaria**. Simulación dinámica del vehículo. Análisis de estabilidad no lineal. Modelización de interacción vehículo-vía. Modelos de vehículo. Métodos de simulación.



- **Simuladores/simulación** (para formación y operaciones ferroviarias).
- Realización de **modelos de simulación energética** que permitan el desarrollo de estrategias de gestión avanzadas, la gestión óptima de la energía mediante la modificación de las tablas horarias predefinidas y el aumento de la seguridad en modos degradados.

➤ Diseño y factor humano

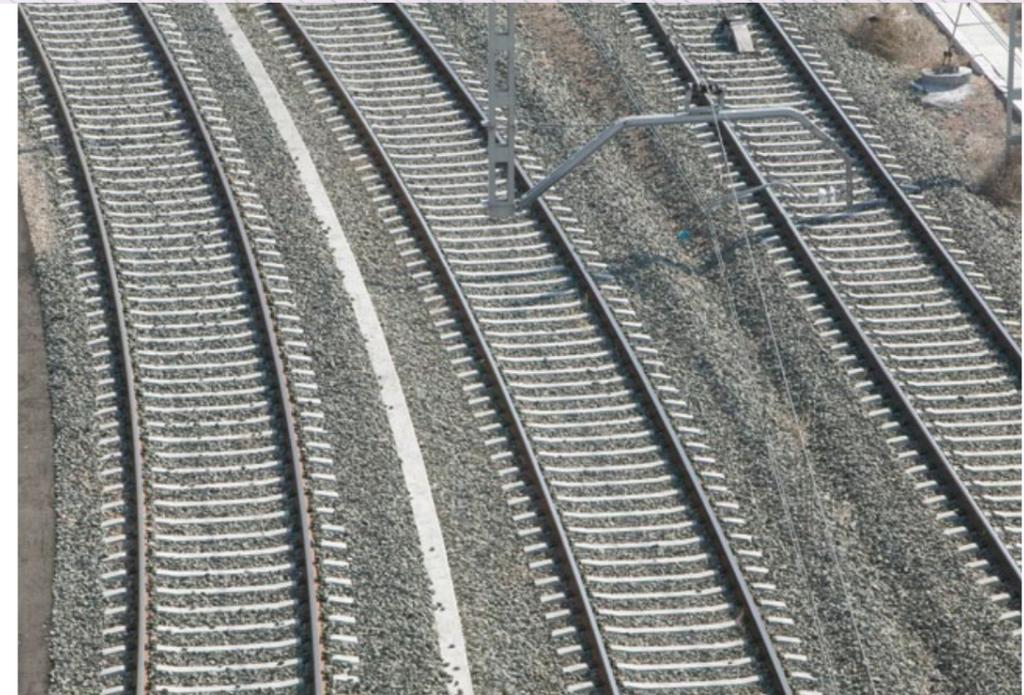
- **Accesibilidad universal al ferrocarril.** Desarrollo de normativa específica. Tratamiento definitivo de las personas de movilidad reducida (PMRs) y discapacidad sensorial. Normativas RD 1544/2007 (condiciones de accesibilidad), Directiva 2008/164 CE (ETI).
- **Diseño del material móvil adaptado al cliente del futuro** (envejecimiento de la población).
- **Centros experimentales/tecnológicos** en el mercado ferroviario.
- **Ergonomía y diseño de interiores.** Confort. Métodos de medida de posturas y movimientos humanos. Métodos de medida de fuerzas y presiones. Métodos de medida de temperatura y humedad. Nuevos materiales. Necesidades de los maquinistas, diseño de tableros de instrumentos, diseño del puesto de trabajo, carga mental derivados de la sobrecarga de información de los sistemas actuales y futuros. Efecto de las nuevas tecnologías.
- **Aplicación de simuladores** de entrenamiento como herramienta tecnológica de validación de la interacción de los equipos con los operadores.
- **Rendimiento humano y usabilidad de la tecnología.**
- Estudios de **psicología básica** sobre las estructuras del comportamiento en el error humano y el consecuente desarrollo y control de procedimientos, métodos de entrenamiento y programas que presten atención a la situación especial del ferrocarril.
- **Requerimientos humanos en operaciones degradadas**, sistemas resistentes al error.
- **Estudios para reducir riesgos de seguridad.** Mejora del análisis de los factores humanos y predicción de herramientas de la carga del maquinista.
- **Modelaje del comportamiento y factor humano.**

➤ Homologaciones. (ETH)

- **Mejoras / simplificaciones** en procesos de homologación de vehículos. Homologación virtual.
- **Homologación de sistemas de seguridad, señalización y comunicación, en coordinación** con los procesos que tienen lugar en Europa.
- Mejoras en definición de **especificaciones técnicas**.
- Construcción de un **circuito con una vía de pruebas**.
- Desarrollar metodologías para la **evaluación y la integración segura y eficaz de los equipos** de ayuda a la conducción y metodologías de análisis de la fiabilidad de los interfaces con el maquinista tanto de diseño interior como del entorno de la vía.
- Estudio e investigación sobre la **posibilidad de homologación virtual de vehículos evitando los costosos ensayos reales**.
- Modernización de la norma que se aplica para la certificación dinámica del tren.

5.4 Plataforma, superestructura, vía e instalaciones

- **Estudio de posible empleo de materiales reciclados en la construcción de la infraestructura ferroviaria.**
 - Elaboración de criterios de aceptación y diseño para el empleo de materiales procedentes de demoliciones en la construcción de terraplenes de líneas ferroviarias de diferentes características.
 - Desarrollo de estudios de caracterización de conjuntamiento de materiales reciclados de la construcción en el proyecto de capas de forma en plataformas ferroviarias de diferentes prestaciones.
- **Estudio de optimización integrada de componentes - infraestructura - vía - trenes** para garantizar las adecuadas condiciones de explotación en líneas de alta velocidad con costes de mantenimiento equilibrados.
 - Estudio integrado- infraestructura/vía/vehículos- de la rigidez de la vía como parámetro determinante del equilibrio calidad de la rodadura/costes de mantenimiento en líneas operadas a alta velocidad, con el objetivo de establecer la relación entre la variación de rigidez de la vía y los costes de su mantenimiento.
 - Desarrollo de **criterios de diseño** de los diferentes subsistemas, infraestructura, vía..., orientados a minimizar los costes de mantenimiento, con el objetivo de optimizar el diseño de los subsistemas en sí mismos y de modo integrado con el resto para alcanzar una eficiencia mayor en el comportamiento a largo plazo.
- **Introducción de nuevas características estructurales para garantizar un apropiado comportamiento de puentes y viaductos en líneas de alta velocidad** que limite las necesidades de mantenimiento.
 - **Evolución de criterios de diseño** de estructuras considerando nuevos fenómenos dinámicos- incluido resonancia- y la interacción con la vía para líneas ferroviarias con velocidades crecientes, con el objetivo de introducir mejoras en el diseño de estructuras considerando efectos dinámicos, buenas condiciones para su mantenimiento y buen comportamiento del fenómeno de interacción vía-tablero.
 - Estudio de las **condiciones de mantenibilidad** de puentes, viaductos y estructuras para alta velocidad desde la etapa de diseño incluyendo el fenómeno de socavación en apoyos en cauces en hipótesis de avenida hidráulica, con el objetivo de establecer criterios de diseño para optimizar la mantenibilidad de puentes, incluyendo el fenómeno de socavación de apoyos en cauces.
 - Establecimiento de **criterios sistematizados de diseño** de apoyos de tableros en estructuras de líneas ferroviarias de alta velocidad implantadas **en áreas de sismicidad intensa**, con el objetivo de desarrollo de metodología para tener en consideración de modo detallado las acciones sísmicas en el diseño de elementos de apoyo de tableros de viaducto.
- **Introducción de mejoras en el binomio infraestructura-vehículos para facilitar la circulación de trenes de mercancías en líneas modernas de altas prestaciones.**
 - Estudio de medidas a introducir en el diseño de infraestructuras y vehículos y en el modo de



- operación para una **explotación eficiente de trenes pesados de mercancías en líneas con tramo de pendientes acusadas**, de modo compatible con niveles de mantenimiento aceptables y condiciones económicas de explotación.
- Estudio de mejoras a introducir en el diseño de infraestructuras y vehículos para facilitar la **compatibilidad entre circulaciones de viajeros y de mercancías** en líneas de altas prestaciones en términos de explotación eficiente y exigencias de mantenimiento equilibradas.
- Introducción de nuevos criterios para el estudio de fenómenos dinámicos en la interacción vehículo-vía para la explotación de la línea a **velocidades superiores a los 300 km/h**.
- Estudio de la **interacción vehículo-vía** en el rango de la **"muy alta velocidad"** relacionados con la geometría del trazado, con el objetivo de: identificar las condiciones que regulan el incremento de velocidad por encima de los 300 km/h en términos de **estabilidad de la superestructura y de confortabilidad** para los viajeros.
- Estudio de los valores de los parámetros geométricos del trazado para **reducir los tiempos de viaje** (incrementar la velocidad de circulación) en líneas de alta velocidad mediante el empleo de técnicas de inclinación de cajas en vehículos ferroviarios.
- **Estudios para establecer criterios de diseño y construcción orientados a mejorar las características y el comportamiento a largo plazo de diferentes componentes de la infraestructura.**
 - Establecimiento de nuevas metodologías para elaborar modelos de simulación y cálculo de fenómeno de fatiga para los diferentes componentes que integran la infraestructura de líneas ferroviarias de altas prestaciones.
 - Desarrollo de nuevas metodologías de seguimiento y control de obras de tierra para plataformas de alta velocidad con el objetivo de optimizar las características de su capacidad portante.

➤ Desarrollo de nuevos métodos de cálculo y diseño orientados a optimizar el equilibrio coste/explotación/mantenimiento en túneles para líneas de alta velocidad.

- Estudios encaminados a establecer un nuevo método de sistematización de criterios para seleccionar entre las alternativas de túnel de vía doble o pareja de túneles de vía única en líneas de alta velocidad.
- Introducción de nuevos criterios de diseño para optimizar el comportamiento vehículo-infraestructura en túneles explotados en el futuro con trenes circulando a "muy alta velocidad".

➤ Desarrollo de métodos avanzados de modelización y cálculo de fenómenos vibratorios relacionados con la infraestructura.

- Caracterización integral y evaluación de consecuencias de la aparición de vibraciones en diferentes componentes de la infraestructura de líneas de alta velocidad.
- Desarrollo de nuevos modelos de simulación y cálculo de vibraciones producidos por la circulación de trenes y transmitidas al entorno por las infraestructuras.

➤ Mantenimiento del asiento de la vía

La eventual aparición de asientos diferenciales en el terreno subyacente motivados por diferencias de materiales, por falta de calidad, por presencia de materiales plásticos o por movimientos inducidos por fuerzas de presión, pueden producir deformaciones que se reflejen en anomalías geométricas en la vía (que pueden alcanzar valores centimétricos y decimétricos con frecuencia) y que es preciso subsanar para que sean compatibles con la explotación. Estas operaciones, en determinadas tipologías de **vía en placa**, conllevan la demolición y restitución de esta, pues sus niveles de ajuste no pueden alcanzar lo exigido. Habida cuenta de las consecuencias que suponen estas operaciones parece razonable investigar sobre:



- Procedimientos y técnicas que permitan una solución definitiva menos drástica y/o efectuar las operaciones necesarias **minimizando las afecciones a la circulación y su plazo.**

➤ Instalaciones de ancho variable, de carácter universal

- Tercer carril-travesía bivalente para ancho ibérico y métrico y para ancho ibérico e internacional y métrico e internacional.

➤ Auscultación de vía

- Técnicas mejoradas de auscultación para configurar una base de datos históricos del estado de los distintos parámetros de la infraestructura, que permita optimizar las tareas de mantenimiento y potenciar el mantenimiento preventivo frente al correctivo.
- Mayor desarrollo de la **visión artificial y ultrasonidos**. Hoy en día existen pocos suministradores de estos equipos, tanto para perfil de rueda, como para perfil de carril o catenaria por lo que, el precio resulta muy elevado por los componentes que se integran. En temas de inspección por ultrasonidos, además, existe falta de desarrollo de la tecnología, esto hace que su desarrollo sea más difícil y más caro.
- Reconocimiento del eje (que no de bogie o unidad) y su vínculo con la unidad o bogie correspondiente y su volcado a la base de datos con la que trabajar y poder interpretar resultados

➤ Nuevos materiales reciclados

- Reciclados para componentes elásticos (durabilidad y estabilidad de sus propiedades).
- Reciclados del balasto; y para el balasto.
- Reciclados de las traviesas; y para las traviesas.

➤ Nuevos materiales no-reciclados

- Microhormigones.
- Hormigones con fibras.
- Hormigón autocompactable.

➤ Vía en placa (diseño, construcción, dinámica, desgaste) distinguiendo cuatro tipologías

- Ejecutada in situ.
- Ejecutada con prefabricados.
- Para líneas de alta velocidad.
- Para líneas urbanas.

➤ Ruido y vibraciones

- Nuevas técnicas de modelización del ruido generado en el contacto rueda-carril.
- Modos de reducción del ruido procedente del contacto rueda-carril.
- Técnicas de absorción o atenuación del ruido generado en el contacto rueda-carril.
- Modelos avanzados de cálculo en el entorno de vibraciones con origen en el contacto rueda-carril.
- Modos de reducción de la magnitud de las vibraciones generadas por la circulación de trenes.
- Nuevas técnicas de atenuación de vibraciones producidas por el tráfico ferroviario.

5 Optimización de la vía en balasto

- Resistencia lateral.
- Granulometría del balasto.
- Vuelo del balasto y succión de finos, a altas velocidades.

5.5 Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario

5 Planificación y demanda

- **Gestión dinámica de la demanda.** Gestión en tiempo real de las variaciones puntuales de la demanda, mediante el análisis en tiempo real de la información de viajeros, utilizando sistemas de tipo: Análisis de video inteligente, captación de códigos de móviles con protección de la privacidad. Sistemas de detección con tecnología Bluetooth o Wifi. El objetivo de estos sistemas es la obtención de datos contrastados para optimizar la planificación de la oferta de transporte y detectar y gestionar situaciones especiales de demanda de servicio.
- Aplicación que evalúe la demanda diaria en base a los datos de la matriz de cargas de los sistemas de conteo (fijos o embarcados), y propongan capacidades de oferta por franja horaria y tipo de material, según los compromisos de calidad ofertados.
- **Conteo y seguimiento de personas en tránsito en estaciones** y guiado mediante pasillos virtuales estáticos o dinámicos. El conocimiento del número de pasajeros en puntos singulares de la estación (entradas/salidas, andenes, intercambios, etc.), y de la geometría de la estación permite determinar de manera dinámica las rutas óptimas para los movimientos de trasbordo, salida o evacuación de los pasajeros. Análisis de métodos de guiado que sean efectivos, configuración de las zonas de paso de los usuarios de diversas formas: modificando la disposición de los elementos del entorno (iluminación, color etc.) o introduciendo elementos auxiliares.
- **Análisis del flujo global de viajeros en poblaciones**, estudiando la movilidad de los viajeros entre los diferentes modos de transporte, mediante la utilización de muestras al azar de la localización y seguimiento de teléfonos móviles.
- Sistema de **estimación de origen-destino en tiempo real**, en entornos masificados complejos, mediante desarrollos de sistemas en base a análisis inteligente de vídeo.

5 Programación de la operación

- Aplicación que optimice la asignación de turnos de material en función de criterios y restricciones del mantenimiento, como capacidad de trabajo en talleres.
- Aplicación para el diseño óptimo de los horarios de trenes para cubrir la capacidad ofertada por franja horaria. Integración de datos de planificación horaria con los sistemas de explotación en tiempo real incluyendo información al viajero.
- **Intermodalidad:** planificación en estaciones intermodales (parcialmente resuelta en aviación civil).

5 Automatización de la operación

- **Análisis del proceso de automatización (DTO-UTO sin conductor)** de una línea de metro

existente desde el punto de vista de condiciones operacionales, definición funcional del sistema, proceso de sustitución y periodo transitorio, material rodante, Instalaciones de seguridad, Centro de Control y Análisis de coste-beneficio.

- **Certificación de una línea de metro con conducción automática sin conductor.** Realización del análisis de riesgos, tanto a nivel de los distintos subsistemas como del sistema global a lo largo de las diferentes fases del proyecto, para la elaboración de planes de seguridad de elementos críticos, procedimientos de operación, mantenimiento, pruebas de recepción y marcha en blanco que garanticen la seguridad integral del sistema.
- **Estandarización.** Generación de estándares para la automatización de procesos en la operación ferroviaria, mediante la definición de esquemas XML normalizados de los sinópticos de línea, señalización de línea y parámetros de explotación para su utilización en la generación de planes de explotación, simulación y configuración de sistemas auxiliares.
- Sistemas de ayuda a la operación de tráfico y gestión de incidencias de circulación. **Replanificación de horarios en tiempo real.**
- **Identificación y localización de material rodante** utilizando distintas tecnologías, y la integración de estos datos para cumplir los requisitos de seguridad de distintos sistemas de seguimiento de tráfico. Identificación positiva. Seguimiento en tiempo real.
- Modelización de una línea de metro para su automatización: Modelización física, funcional y operacional, siendo esta última el resultado de aplicar la arquitectura funcional a la arquitectura física del modelo. Modelización de conducción manual, automática y mixta. Prueba y verificación del modelo en una línea existente.
- **Estudio sobre la instalación de puertas de andén.** Estudio de las diversas alternativas (pantallas cerradas o de media altura) e instalación en una línea piloto. Fiabilidad y procedimiento de uso frente a contingencias y en función de su uso, con tráfico mixto o solo automático.
- **Estudio y acondicionamiento de cocheras** para la circulación de unidades sin conductor.





Consignas de seguridad, análisis de riesgos para el personal de mantenimiento.

- Sistema dinámico de automatización de itinerarios en las playas de vías de talleres y depósitos, en base a la asignación de turnos de material, plan de lavado y programación de intervención de mantenimiento.

3 Información al viajero

- Sistema integral de información de servicios integrando la oferta teórica, las incidencias en tiempo real, los intermodos, servicios alternativos, etc., aprovechando el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas y plataformas embarcadas.
- Información al viajero sobre transporte público, conexiones intermodales y localización y guiado de personas, por medio de dispositivos móviles dentro de líneas subterráneas. Estudio e implantación de sistemas que permitan a los usuarios mediante el uso del teléfono móvil de conocer su posición, los horarios en tiempo real y las indicaciones necesarias para llegar a su destino empleando el transporte público. **Uso de pseudolitos satélite u otros medios de localización en interiores.**

3 Venta y control de accesos

- Definición de **sistemas de peaje y billete único** para diferentes medios de transporte, capaces de implementar políticas tarifarias complejas, como tarifa por nivel de uso.
- Sistemas automáticos de evaluación y **gestión del nivel de fraude**, mediante comparación de la carga real de cada servicio y la información del sistema de venta y cancelación.
- Pago a través de móvil.

3 Eficiencia energética

- Aplicaciones para la operación de tráfico en diferentes entornos de conducción, señalización o sistemas de protección (ATP discreto, CBTC) con criterios de ahorro energético: diseño óptimo de marchas, conducción económica, diseño de horarios, aprovechamiento del frenado

regenerativo.

- Planificación y gestión integral de la generación y uso de la energía, en base a la planificación de trenes y dispositivos que permitan la utilización de la energía, en el ámbito ferroviario.

3 Medidas de calidad

- Aplicaciones que generen **medidas de calidad a partir de sistemas de conteo y /o peajes y la circulación de trenes**, válidos tanto para explotaciones con horario ofertado como por intervalo ofertado.
- **Aplicaciones informáticas** que integren de forma automática los datos de la matriz de cargas de los sistemas de conteo y la información de paso real de las circulaciones.

3 Comunicaciones tren-tierra

- **Arquitectura de comunicaciones** que asegure la conectividad del material móvil con la red de operación y gestión de la empresa, a fin de potenciar las prestaciones de los sistemas embarcados como repositorios y fuentes de información para operación y mantenimiento.

3 Mejora de la Capacidad de Transporte

- Desarrollo de modelos y herramientas de análisis y optimización de la capacidad ferroviaria, orientadas especialmente a redes saturadas (como las metropolitanas) y a líneas de uso mixto de viajeros y mercancías. Integrándose herramientas de:
 - Análisis de la capacidad de transporte para los diferentes tipos de señalización basados en simulación.
 - Modelos de cálculo automático de intervalos mínimos.
 - Modelos de generación de horarios eficientes.
 - Modelos de simulación de la red de alimentación eléctrica.
 - Herramientas de simulación para su uso en la formación de personal y en la simulación y análisis de incidencias.
 - Herramientas de simulación de los sistemas de regulación y de sus diferentes estrategias en caso de incidencias y cálculo de las marchas económicas para regulación.

3 Accesibilidad

- Desarrollo de **sistemas de guiado** con tecnologías innovadoras, de tipo de posicionamiento magnético, Radiofrecuencia o guiado Bluetooth que permitan mejorar de forma importante la accesibilidad y movilidad de las personas discapacitadas.

3 RAMS y normativa CENELEC

La aparición de las diferentes normativas europeas CENELEC en el Sector Ferroviario, en particular de la gestión RAMS (EN-50126, EN-50128 y EN-50129), justifica la creación de un área de trabajo donde se revisen, establezcan nuevas metodologías y actualicen las normas.

- **Aplicación de la norma en el diseño de sistemas ferroviarios.**
 - Establecer procedimientos claros y precisos para la **comprobación del cumplimiento** de los requisitos RAMS impuestos a los componentes y el software que conforman un sistema ferroviario.
 - Obtener **índices RAMS para las partes software** de un sistema.

- Desarrollo de metodologías que permitan **predecir el coste del ciclo de vida del producto (LCC)**.
- Especificar y establecer técnicas y métodos de **evaluación de los factores humanos** descritos en la RAMS ferroviaria y de su grado de influencia en la seguridad.
- Desarrollo de **herramientas software para la optimización del diseño** de sistemas de seguridad en base a las especificaciones RAMS.
- Desarrollo de nuevas metodologías de diseño orientadas a la **certificación** del producto.
- Desarrollo de nuevos métodos de diseño basados en **recursos "Open source"** para la realización de software de sistemas de seguridad.
- Desarrollo de métodos y procedimientos que permitan evaluar y/o estimar la **fiabilidad** del software y calcular su tasa de falls.
- Técnicas de análisis de seguridad para la cualificación y cuantificación del software.
- **Estado de la norma.**
 - Actualización de las exigencias de las normas RAMS en base a la tecnología actual.
 - Determinación del **estado del arte en la gestión RAMS** en el ámbito internacional, tanto en el Sector Ferroviario como en otros Sectores como el aeronáutico, nuclear, etc.
 - **Formación.** Potenciar la formación específica en las universidades españolas de la gestión RAMS en el Sector Ferroviario.

Señalización, sistemas de protección al tren y telecomunicaciones.

En el ámbito de las infraestructuras ferroviarias y el material rodante existen numerosos sistemas de seguridad relacionados con la señalización luminosa y eléctrica, la protección del tren o la diagnosis del material, entre otros. En esta área de trabajo se definen las líneas de investigación adecuadas para el diseño e innovación de **nuevos sistemas de seguridad relacionadas con la señalización, protección del tren o determinación del estado del material**, utilizando las futuras tecnologías en desarrollo.

- **Sistemas de seguimiento y protección.** Detectores de cajas y ruedas calientes. Detección de deformaciones (aplanaduras) de ruedas.
- Desarrollo de **sistemas de testeo y detección de fallos del software de seguridad** de los equipos ferroviarios.
- Análisis de los beneficios del posicionamiento y precisión obtenidos mediante el **sistema GALILEO** para la gestión de las velocidades según el trazado de la línea, para trenes de alta velocidad.
- Sistemas de **vigilancia para los vehículos** (cámaras, sensores, etc.).
- Diseño de **algoritmos de detección automática de estados de alarma** a partir del procesado de la información de los sistemas de vigilancia.
- Sistemas de **seguridad a bordo**, que tengan en cuenta el flujo de información al conductor.
- Sistemas de **seguridad para transporte de mercancías**, corredores menos sensibles al transporte de mercancías peligrosas, gestión de flota.
- **Seguridad en metros ligeros y tranvías.** Aplicación de criterios homogéneos y recomendación española-europea para medidas de protección del viandante.



- Desarrollo de **redes digitales de comunicaciones de alta velocidad** aptas para transporte de información de seguridad de vehículos ferroviarios, y de sus controladores asociados.
- **Sistemas de apoyo a la decisión en tiempo real en los diferentes modos del sistema.** Monitorización en tiempo real de campo facilitar el seguimiento y análisis material y estructural de las instalaciones especialmente sensibles en el trazado (puentes, túneles).
- Sistemas de **predicción.**
- Aplicación de **técnicas de visión artificial en detección de obstáculos.**
- **Interfaces tiempo-real con sistemas externos** de predicción climática, seguridad y emergencias. Fusión de datos. Integración de información compleja (heterogénea, redundante, incompleta, sujeta a incertidumbre y multi-resolución) proveniente de los sensores gestionados.
- Sistemas de **decisión en tiempo real.**
- Caracterización y compatibilidad electromagnética del entorno ferroviario.
- **Instalaciones auxiliares de seguridad y seguridad de los ciudadanos (incluye security)**
 - **Seguridad contra incendios.**
 - Modelado y simulación computacional de incendios (MSCI) en infraestructuras ferroviarias.
 - Análisis de la adecuación de los sistemas de control de humos en túneles ferroviarios.
 - Nuevos métodos de ensayo para la caracterización del comportamiento al fuego de materiales de trenes.
 - **Sistemas de detección y vigilancia.**
 - Detección automática de objetos abandonados para poder evitar ataques terroristas.
 - Detección de explosivos, armas y otras sustancias peligrosas en los equipajes y mercancías.
 - Detección de personas no autorizadas a las instalaciones ferroviarias.

- Sistemas de detección e identificación de personas "en busca".
- Sistemas de detección y control de conductas sospechosas.
- Sistemas automáticos de vigilancia permanente de las infraestructuras.
- Robots para la inspección automática de instalaciones.
- Monitorización de instalaciones remotas.
- Diseño de algoritmos de detección automática de estados de alarma.
- Sistemas de detección de incidentes y su afeción a la infraestructura por fenómenos meteorológicos, sísmicos, etc.
- Uso de UAV (unmanned aerial vehicles) para video vigilancia de las vías de alta velocidad.
- **Sistemas de comunicaciones.**
 - Redes integradas de datos de seguridad para el intercambio de datos en las fronteras.
 - Integración de datos de diferentes fuentes de seguridad: Satélites de observación, GPS, video vigilancia desde vehículos, especialmente aérea.
- **Diseño y aplicación de medidas de seguridad en pasos a nivel.**
 - Aplicación de las nuevas tecnologías, especialmente GALILEO, en la mejora de la seguridad de los pasos a nivel.
 - Sistemas inteligentes de video-vigilancia.
 - Nuevos sistemas que impidan el acceso a zonas de vía o actúen sobre la velocidad del ferrocarril y activen alarmas.
- **Formación.** Desarrollo de sistemas de simulación para prevenir y paliar desastres naturales y provocados.



Integración del factor humano en la seguridad.

En línea con las prioridades marcadas por la ERRAC en su Agenda Estratégica de Investigación, una de las prioridades en el ámbito de la seguridad es la integración del factor humano en los sistemas tecnológicos, así como la influencia de los sistemas ferroviarios en el comportamiento humano.

- **Diseño, construcción y gestión de sistemas seguros** que minimicen la ocurrencia de errores humanos.
 - Identificación de los riesgos, evaluación, ponderación y prevención de errores humanos.
 - Impacto de los factores humanos. Incorporación de los factores humanos en la investigación de nuevos sistemas que actúen de alguna forma en la interacción con el usuario.
 - Asistente para actuaciones en vía: Sistema experto que contenga la norma de enclavamientos y "know how" de expertos ferroviarios que genere de manera automática las pruebas necesarias para garantizar la seguridad en cualquier tipo de intervenciones en campo.
- **Medidas de intervención en seguridad.**
 - Modelado del comportamiento y factor humano en situaciones de emergencia y evacuación de recintos.
 - Desarrollo de metodologías y tecnologías que integren el diagnóstico de los fallos humanos en una nueva generación de simuladores de entrenamiento
 - Determinación del perfil humano y organizativo en todos los niveles del Sector.
 - Diseño de nuevas medidas que permitan aumentar la percepción de riesgo de los usuarios de las infraestructuras ferroviarias (pasos a nivel, andenes,...).
 - Determinación de grupos de riesgo.
 - Desarrollo de procedimientos, de control, métodos de entrenamiento, tecnologías y herramientas que integren los factores humanos y su impacto en el sistema ferroviario.
- **Situaciones degradadas.** Explotación y circulación.
 - Sistemas de apoyo a la decisión para la reducción de incidencias y minimización del impacto en modos degradados de funcionamiento.
 - Sistemas para la optimización del comportamiento en situaciones degradadas y contextos de crisis y emergencias.
 - Desarrollo de nuevos procedimientos de formación y técnicas de aprendizaje para usuarios.

Gestión de la seguridad.

Los continuos cambios que está sufriendo el ferrocarril a nivel europeo desde el punto de vista organizativo al ir incorporando poco a poco las Directivas Europeas, aconsejarían la creación de un grupo de trabajo que permita evaluar objetivamente la situación del ferrocarril y definir las líneas de actuación que ayuden a mantener y mejorar la seguridad del ferrocarril durante este período.

- Elaborar nuevos métodos y protocolos de **investigación y respuesta ante accidentes, incidentes y cuasi-accidentes.**
- Elaborar nuevos sistemas de inspección gestionados por el gestor de infraestructuras y el explotador ferroviario para la evaluación de zonas críticas del sistema ferroviario.

- **Directiva de seguridad ferroviaria.** Intervenir en el proceso de elaboración y evaluación de los indicadores comunes de seguridad (ICS), métodos comunes de seguridad (MCS) y objetivos comunes de seguridad (OCS).
- **Análisis del papel de la organización en la seguridad en el transporte por ferrocarril.**
 - Estado del arte del papel de la organización en la seguridad en el transporte ferroviario.
 - Dimensiones organizativas críticas para la seguridad en el transporte por ferrocarril.
 - Estudio de los factores y procesos organizativos propios del Sector Ferroviario que son críticos para garantizar la seguridad de los miembros de la organización.
 - Cultura de seguridad en el transporte ferroviario. Diagnóstico de la cultura organizativa y la cultura de seguridad de las empresas del Sector Ferroviario en España.
- **Diseño de sistemas.**
 - Definición de familias arquitectónicas HW/SW de referencia instanciables según propiedades extrafuncionales: configurabilidad, conexionado en red y seguridad, robustez y soporte para diagnóstico, autodiagnóstico y mantenimiento.
 - Gestión integrada de los recursos, capacidad de evolución futura y auto organización.
 - Ingeniería de requisitos. Asegurar la trazabilidad y consistencia de los requisitos tanto funcionales como extra-funcionales a lo largo del ciclo de vida del proyecto basada en la formalización de los requisitos.
 - Técnicas, métodos y herramientas para guiar, optimizar y generar la arquitectura de sistemas dirigidos por los requisitos de negocio y criterios de operación (coste, seguridad, fiabilidad).
 - Repositorios de métodos de análisis que den cobertura a las distintas fases y desarrollo de sistemas críticos.
 - Conectividad de equipos de seguridad de distintas tecnologías.
 - Desarrollo de protocolos de seguridad y estandarización de los interfaces entre diferentes dispositivos, permitiendo una transmisión segura.
 - Comparación de los principios y técnicas de seguridad utilizados en todos los niveles del Sector Ferroviario, contra los principios y métodos de seguridad utilizados en los Sectores aeronáuticos, de centrales nucleares y químico.
 - Incorporación de los factores humanos en las políticas ferroviarias.
- ➔ **Sistemas de emergencia y ayuda a la evacuación.**
 - **Sistemas de comunicaciones específicas para estados de emergencia.**
 - Sistemas de socorro y ayuda a la evacuación.
 - Posicionamiento. Aplicación de sistema GIS y posicionamiento GPS para coordinación de imágenes en tiempo real (uso de satélites operacionales no militares).
 - Sistemas de seguridad en puntos sensibles: estaciones, túneles, viaductos.
 - Sistemas de emergencia y seguridad que favorezcan la evacuación de personas mayores, con movilidad reducida o discapacitadas.
- ➔ **Protección de trabajadores (seguridad laboral)**
 - **Nuevos sistemas de gestión de seguridad laboral.** Aplicaciones para protección de trabajadores: por ejemplo, trabajadores en vía con tráfico ferroviario.

- **Prevención de nuevos riesgos** para los operadores surgidos de la carga de trabajo y la complejidad de tareas.
- ➔ **Homologación con otros sistemas europeos y modos de transporte.**
 - **Transferencia tecnológica** entre distintos dominios y modos de transporte (arquitectura y métodos).
 - **Desarrollo de sistemas de gestión del fallo humano** siguiendo el estado del arte de modos de transporte más desarrollados. Utilización de criterios europeos internacionales.
 - **Definición intersectorial de métodos, herramientas y componentes.**

5.6 Transporte de mercancías

Las emergentes actuaciones en el ámbito del transporte de mercancías por ferrocarril hacen necesario estructurar las acciones de la I+D+i en base a los siguientes aspectos fundamentales: la necesidad de actuaciones para el desarrollo nacional y la convergencia de las soluciones hacia las directrices marcadas por la U.E.; marcado, todo ello, por unas actuaciones en curso que requieren soluciones a corto plazo en actividades horizontales con la infraestructura, la planificación, gestión y administración, control y seguimiento, trazabilidad, ahorro de costes, eficiencia y mejora de servicios, repercusiones sobre el material y actuaciones en mejora de la seguridad.

Desde esta perspectiva, el Grupo de Transporte de Mercancías por Ferrocarril, con las aportaciones de los participantes y conociendo las líneas de investigación impulsadas desde la UE a través del VII programa marco, así como programas individuales especializados, concibe un punto de partida de la situación actual. Por otro lado, la identificación de una estrategia clara desde la ERRAC, permite identificar líneas de actuación convergentes a la agenda estratégica en la UE que conlleven a un proceso de consolidación del negocio que tiene los siguientes polos de actuación:



nes en investigación identificados en el horizonte 2020:

- **Enrutamiento, eficiencia de la trazabilidad y mejora de la calidad del servicio**, que conlleve a un cálculo estimado en tiempo real de llegada a destino de mercancías para que las partes interesadas en el extremo receptor de la cadena de suministro puedan optimizar la producción y permitan establecer en el ferrocarril medidas de eficiencia en términos de puntualidad, especialización del transporte y compromiso estable en la cadena de valor del transporte.
- **Marketing y venta (Marketing and selling)**; que hagan que el concepto de comercialización se acuñe como término en el transporte ferroviario de mercancías. El nuevo modelo de negocio debe estar respaldado por una estrategia de distribución de productos de servicio basada en un enfoque multicanal.
- **Consolidación del tráfico y técnicas de clasificación**, que incluye la creación de “ciudades” multimodales de mercancías, su ordenación territorial y un enfoque empresarial cooperativo para la plena carga de composiciones.

Para consolidar estos términos sin abandonar la realidad y la perspectiva nacional, desde el Grupo de Transporte de Mercancías por Ferrocarril se identifica una estrategia de la actividad investigadora vertebrada sobre tres focos de actuación: un primer grupo con implicaciones en infraestructura; el segundo sobre gestión, trazabilidad y seguimiento y, como tercer grupo, material rodante. Considerando la situación actual, la realidad nacional y la necesaria convergencia, al mismo tiempo permitiendo una mejora competitiva, hacia las líneas de la UE, se identifican las siguientes líneas de investigación para cada una de las tres actividades focales:

➤ **Infraestructura**

- Modelo de complejos logísticos estratégicos; orientados a la especialización de la mercancía, la integración urbana, base de reparto puerta a puerta y terminales intermodales.
- Integración del tráfico de mercancías en los núcleos urbanos: identificación de los puntos de conflicto, determinación de la distorsión del tráfico ferroviario general y mecanismos de mejora sobre vías dedicadas, criterios de elección de “circunvalaciones”, ubicación y explotación de conexiones a otros modos.
- Integración del tráfico de mercancías en el sistema ERTMS: actuaciones reguladoras y determinación de los aspectos críticos de la red nacional.
- Identificación de factores críticos basados en la seguridad en la circulación y el mantenimiento para admitir trenes más largos y pesados incrementando la velocidad hasta 140 Km/h.
- Establecimiento de corredores convergentes al Espacio Europeo y habilitados para el tráfico mixto en servicios y prestaciones.
- Soporte de trenes más largos y pesados: identificación de factores críticos basados en la seguridad en la circulación y el mantenimiento con posibilidad de incremento de la velocidad hasta 160 Km/h por especialidades de servicio.
- Singularidades nacionales para la interconexión entre las redes existentes, cambio de ancho y conexión intermodal sobre los corredores estratégicos.
- Investigación en áreas de planificación, determinación del índice de capacidad de mercancías y prioridades por materias y cadena de valor, estrategia de determinación del canon y su repercusión a la infraestructura.

- Desarrollo de modelos de negocio, armonización de gestión y reglamentación en base a exigencias actuales del transporte de trenes, repercusión de la longitud, carga y condiciones de marcha sobre la infraestructura, apartaderos, señalización y control de trenes; condicionantes y demandas del ERTMS sobre los grandes corredores en estudio; exigencias sobre el mantenimiento; prevención de accidentes, su identificación y repercusión.
- Actuaciones reguladoras para la completa planificación e integración del tráfico de mercancías en los tránsitos de entrada y salida de la red principal, los accesos a puntos modales y la ventanilla única.

➤ **Gestión, trazabilidad y seguimiento**

- Mejora del modelo de negocio y buenas prácticas en base a eficiencia en el transporte ferroviario. Establecimiento de criterios de convergencia comodales para los servicios puerta a puerta; interfaces con el cliente y priorización de variables críticas que definan índices de calidad hacia el servicio y el cliente; mecanismos de reacción a incidentes, enrutamiento alternativo y respuesta al cliente.
- Investigación en las técnicas y prácticas de los servicios de transporte de mercancías en ferrocarril. Aseguramiento y desarrollo de las prácticas de éxito sobre bases de especialización de vagones y materias de volumen de mercado experimentadas o en ensayo.
- Investigación de técnicas orientadas a la calidad del servicio y la competitividad, sobre las bases de mejora y servicios de la infraestructura, los puntos intermodales, la consolidación de trenes más largos y con mayor capacidad de carga y variables críticas de eficiencia en vagones y unidades intermodales.
- Técnicas de Enrutamiento y Trazabilidad: identificación, definición y desarrollo herramientas inteligentes aplicables al material rodante (tractor y remolcable), la carga, la infraestructura y la gestión centralizada integrables en las plataformas actuales; incorporación de modelos de navegación y seguimiento abierto al momento actual, pero convergente a la integración de



GALILEO; control de la carga con centralización nacional y portabilidad transfronteriza.

- Mejora de eficiencia en términos del ahorro de costes: Identificar estrategias escalonando al 30%, 20% y 5%; desarrollo de modelos de negocio cooperativos entre los agentes implicados en el proceso de transporte y servicio del proveedor al usuario final; procesos de administración y accesibilidad a la infraestructura ferroviaria; definición de paradas mínimas con operativa máxima; definición de corredores, surcos y gestión integrada en el total del tráfico ferroviario; criterios energéticos limpios.
- Investigación y desarrollo de la gestión y seguimiento de la mercancía.

Armonización de soluciones de base tecnológica, interfaz con la infraestructura, los operadores y los clientes. Identificación de conflictos en el seguimiento transfronterizo y protocolización del equipamiento y del proceso.

- Herramientas para la unificación de la gestión y control de la documentación en el ciclo completo del proceso, modelo jerárquico con la toma de decisiones, definición de roles y respuesta única al cliente.
- Portabilidad de soluciones avanzadas de las técnicas del transporte de viajeros al transporte de mercancías por ferrocarril.

➤ Material rodante y circulación

- Procesos productivos en el material rodante: Lograr material tractor y vagones que permitan trenes más rápidos, más limpios, con contribución a la eficiencia energética, menos ruidosos, con más carga minimizando efectos en infraestructura, mejora del mantenimiento y prestaciones con especialización orientada a un modelo comodal con criterio.
- Mejora de los procesos de Seguridad, incorporando componentes para el control de la carga, reducción de ruidos, capacidad del frenado, parámetros críticos para condiciones de marcha, mejora de seguridad en mercancías peligrosas, posicionamiento y control de tren completo.
- Control de marcha para detección de inestabilidades de carga o índices de peligrosidad propios a la mercancía, al desplazamiento de carga o al descarrilamiento.
- Desarrollo de material apto a los diferentes anchos existentes.
- Incorporación de nuevas tecnologías para ahorros en el tiempo de homologación, admitiendo la simulación contrastada y la mejora de la protocolización de los procesos.
- Herramientas de modelado para desarrollo de vagones simples para el transporte combinado.
- Innovación en materiales que permitan aligerar la tara y el incremento de carga.
- Integración de las técnicas TICs para identificación de vagones.
- Regulación del transporte rodado y ferroviario en mercancías críticas en la cadena de valor.





Priorización de líneas de investigación y proyectos

6

Las líneas de investigación se han clasificado en cuatro niveles (nivel 1: máxima prioridad, nivel 4: mínima prioridad), con arreglo a la prioridad de su desarrollo mediante la ponderación de los siguientes factores:

- Factores técnicos: viabilidad técnica, tecnología propia, existencia de alternativas, riesgos asociados.
- Factores financieros: rentabilidad.
- Factores jurídicos: regulaciones en el Sector.
- Impacto: tanto en el Sector Ferroviario como en otras líneas de I+D+i, sinergias con otros Sectores.
- Urgencia y horizonte temporal.

Las líneas de investigación conllevan asociados **proyectos** que deberían desarrollarse para la implementación de las líneas. Se han utilizado **dos horizontes temporales: años 2020 y 2030**. Corresponden al horizonte máximo en el que deberían de estar ejecutados los proyectos que se señalan.

Desde 2008, los países de la zona euro están sufriendo una profunda crisis económica que se ha producido después de un periodo expansivo de la economía, con un importante nivel de gasto particular, empresarial y público. Uno de los efectos de la crisis ha sido una "concienciación" por parte de los organismos públicos de la necesidad de reducir el gasto, ajustándolo a las necesidades identificadas como prioritarias y aplazando, por tanto, ciertas inversiones. Las líneas prioritarias de investigación y los objetivos marcados en la Revisión de la Agenda Estratégica de Investigación del Sector Ferroviario son sólidos, independientemente del contexto socio económico actual. No ocurre lo mismo con los proyectos, que, al tener una vertiente de gasto, en el actual contexto de crisis, es evidente que han de ser ajustados a esta nueva situación.

Todos estos factores han sido tenidos en cuenta en la elaboración de la Revisión de la Agenda. Los proyectos presentados han sido identificados desde esta óptica y en línea con el actual entorno, todo ello con la seguridad de que si las inversiones requeridas son comprendidas por los organismos decisores y responsables de la planificación e investigación ferroviaria en España, situarán a nuestro Sector y a sus principales agentes en primera línea satisfaciendo la evolución de las demandas de la sociedad, sin con ello comprometer el futuro.



6.1. Área 1: Política, planificación, economía y energía y sostenibilidad

Líneas de prioridad 1

1. Técnicas para la sostenibilidad energética y medioambiental. Impacto energético del entorno ferroviario.



- Desarrollo de técnicas hacia la sostenibilidad energética y medioambiental.

2. Técnicas para la sostenibilidad energética y medioambiental. Implantación de diferentes tipos de energías renovables.



- Desarrollo de técnicas hacia la sostenibilidad energética y medioambiental. Implantación de los diferentes tipos de energía renovables existentes en la actualidad en las infraestructuras ferroviarias.

3. Herramientas de planificación para la ayuda a la toma de decisiones. Evaluación de políticas. Observación y prospección del transporte por ferrocarril.



- Tarifación por uso de la infraestructura ferroviaria. Reforma del canon por uso de infraestructura ferroviaria y sus efectos económicos y sociales.

- Información y necesidades estadísticas. Identificación de la información útil en el marco competitivo. Tratamiento. Desarrollo a nivel europeo y nacional.

- Homogeneización de variables críticas relevantes para la planificación. Desarrollo de metodologías de valoración.

- Definición de indicadores de servicio para pasajeros y para mercancías en un contexto multioperador.

4. Formas de explotación de la infraestructura.



- Desarrollo de modelos de optimización de la gestión y operación de la infraestructura en la que conviven redes convencionales y de alta velocidad. Incorporación de criterios de mantenimiento a la explotación.

5. Financiación y desarrollo competencial.



- Desarrollo de nuevos modelos de financiación de infraestructuras, equipamiento y material rodante: enfoque económico y jurídico.



- Reforma de las obligaciones de servicio público (OSP) en el ferrocarril. Traspaso de competencias a las Comunidades Autónomas.

6. Formas de explotación de la infraestructura. Estudio de las fortalezas y debilidades de las líneas de tráfico mixto. Nuevos usos de la infraestructura.



- Diseño de formas de explotación de la red que integren líneas de alta velocidad y convencionales.

Líneas de prioridad 2

1. Formas de explotación de la infraestructura.



- Estudio económico del mantenimiento de vías y elementos relacionados. Diseño de políticas de mantenimiento.

2. Técnicas para la sostenibilidad energética y medioambiental.



- Desarrollo de técnicas hacia la sostenibilidad energética y medioambiental. Reducción de ruidos y vibraciones.

- Desarrollo de técnicas hacia la sostenibilidad energética y medioambiental. Restauración ecológica de espacios afectados por la construcción de líneas de ferrocarril.



6.2. Área 2: Interoperabilidad y ERTMS

Líneas de prioridad 1

1. Desarrollo de infraestructuras para metodologías de ensayos en laboratorios de referencia ERTMS. Los proyectos que a continuación se mencionan para la implementación de esta línea en concreto deberían estar realizados a fecha 2012.



- Validación del laboratorio de referencia ERTMS mediante la comparación entre pruebas complementarias ejecutadas en laboratorio y en vía.
- Consolidación de pruebas de nivel 2 en laboratorio de referencia mediante la integración de RBCs industriales, simulador de tráfico y eurocabinas industriales.
- Demostración de la "Backwards compatibility" de las versiones futuras de ERTMS: Trenes baseline 3 sobre líneas 2.3.0.d.

2. Métodos formales aplicados a la interoperabilidad y el ERTMS: discrepancias entre versiones ERTMS y compatibilidad entre componentes. Implantación de estos métodos formales en laboratorio para demostración de la compatibilidad entre versiones y optimización de los procesos de migración de las líneas a nuevas versiones.

3. Diseño y construcción de una vía de pruebas a escala real.



- Creación de un tramo e instalaciones "ad hoc" para la simulación y validación de elementos y conjuntos del sistema ferroviario, así como la calibración de modelos.

4. Desarrollo de estudios de mercado de ERTMS conducentes a la reducción de costes del sistema y optimización de costes de mantenimiento.

5. Optimización y estandarización de la funcionalidad e interfaces de los enclavamientos electrónicos: interfaces enclavamiento-enclavamiento, enclavamiento-RBC y enclavamiento-elementos de campo.

Líneas de prioridad 2

1. Caracterización del entorno electromagnético en la vía.

2. Armonización de criterios de acelerado y frenado de trenes.

3. Integración del sistema GALILEO en el ERTMS.

4. Nuevos sistemas de comunicación aplicados al ERTMS.



- Localización de tren - envío de la posición y velocidad - vía GPS/GALILEO.
- Desarrollo de interfaces de detección automática de errores de comunicación. Adaptación/integración de tecnologías.

Líneas de prioridad 3

1. Desarrollo del nivel 3 de ERTMS o híbrido.



6.3. Área 3: Material móvil

Líneas de prioridad 1

1. Mantenimiento. Aplicación de nuevas técnicas y estandarización de criterios en el ámbito de los END de componentes de vehículos ferroviarios.



- Investigación y desarrollo de útiles y herramientas portátiles, que permitan diagnosticar el estado de los diferentes sistemas del tren en vía y sin necesidad de ocupar el taller de mantenimiento.

2. Optimización de Planes de Mantenimiento mediante la incorporación de nuevas estrategias de mantenimiento y el mejor aprovechamiento de los datos de diagnóstico.



- Desarrollo de sistemas CBR de mantenimiento correctivo basado en el histórico de fallos, en las experiencias de los diagnósticos realizados, en las soluciones correctivas adaptadas y en el entorno operativo en el que se han producido fallos.
- Influencia del entorno operativo y de los cambios climáticos en el comportamiento y mantenimiento de los distintos componentes ferroviarios.
- Desarrollo de modelos de gestión eficiente de mantenimiento de primer nivel de composiciones apartadas en vías de aparcamiento.

3. Sistema Experto de Mantenimiento Predictivo. Estimación de los valores de los parámetros que determinan el cambio en la condición del equipo industrial (valores de alerta y alarma).



- Desarrollo de sistemas lógicos expertos y redes neuronales en el mantenimiento ferroviario, posibles aplicaciones.
- Investigación y elaboración de bases de datos y gráficos de fiabilidad de los componentes ferroviarios.
- Diseño de un sistema de sensorización a bordo que permita el seguimiento y posibles correcciones de fallos durante la circulación.
- Monitorización avanzada de sistemas aplicables a esfuerzos pantógrafo - catenaria, temperatura en discos de freno, temperaturas en conexiones, etc.

4. Mantenimiento. Establecer correlación entre las técnicas de diagnóstico basadas en análisis de vibraciones con otra información predictiva (procedente de análisis de ruido) y de procesos.



- Proyecto de sensorización de vehículo automotor (tipo Metro) para análisis predictivo.

5. Mantenimiento. Incorporación, en un único sistema de diagnóstico, de la información procedente de técnicas de diagnóstico cuantitativas y cualitativas.

6. Mantenimiento. Realización de un software, con un entorno fácil de usar, que implemente estas técnicas de forma que la complejidad se reduzca y pueda ser utilizado por operarios con cierta instrucción en plantas industriales reales.

7. Seguridad pasiva. Fuego y humo: minimizar tiempos de evacuación, materiales, reacción y resistencia al fuego, reglamentación europea, normativa.



- Modelado y simulación por ordenador del comportamiento de materiales de interiorismo de trenes en los distintos modos de incendio.
- Criterios para un prototipo de entrenamiento avanzado que mejore la seguridad en la evacuación de personas incluyendo aspectos de accesibilidad.
- Vehículo urbano (tranvía o metro) con extinción de incendios innovadora (ligera y poco volumen).
- Desarrollo de sistemas de información en interior y exterior de trenes facilitadores de una posible evacuación de emergencia.

8. Energía y captación de energía. Pantógrafos activos. Nuevos sistemas de almacenamiento de energía.



- Tranvía sin catenaria o catenaria limitada, mediante almacenamiento (supercondensadores, volante de inercia o baterías, hidrógeno). Análisis del comportamiento en línea.
- Desarrollo de un pantógrafo activo para alta velocidad.
- Eficiencia energética en sistemas de tracción.

9. Tracción y freno.



- Bogie con motores integrados en eje, sin reductores.
- Desarrollo y optimización de sistema de freno independiente de la TFA.
- Desarrollo de sistemas de tracción con un número reducido de semiconductores de tensiones más elevadas.
- Nueva generación de semiconductores.

10. Ahorro energético en el material móvil.



- Reducción del consumo de energía en trenes urbanos.
- Aumento de la eficiencia energética de locomotoras diesel y disminución del consumo.
- Desarrollo de un sistema de gestión de la energía.
- Desarrollo de modelos de gestión eficiente de composiciones en rotación o apartadas.

11. Energía y captación de energía. Sistemas híbridos.



- Automotor/tranvía con hidrógeno o híbrido.
- Estudio de viabilidad de aplicación al Sector Ferroviario de diferentes alternativas energéticas: hidrógeno, sistemas híbridos.



- Aplicación comercial de nuevas alternativas energéticas en el ferrocarril.

- 12.** Seguridad pasiva. Integridad estructural: normativa, criterio de diseño, escenarios de impacto, mecanismos de colapso. Nuevos sistemas de absorción de energía con materiales compuestos, simulación, ensayo y validación.



- Caja de material composite para tranvía o metro, integrando soluciones de absorción, elementos de choque, etc.

- 13.** Mejora en los procesos de homologación de vehículos y sistemas ferroviarios.



- Estudio del comportamiento en servicio de componentes para determinar posibles ensayos de fatiga para homologación en laboratorio.
- Estudio de viabilidad de un sistema de homologación virtual de vehículos.

Líneas de prioridad 2

- 1.** Optimización de la ergonomía y confort ferroviario.



- Estudio ergonómico de un vehículo ferroviario.
- Estudio integral de accesibilidad universal al ferrocarril.
- Desarrollo de un sistema eficiente para minimización de las ondas de presión dentro de los vehículos.

- 2.** Ruido y vibraciones. Calidad y confort acústico. Evaluación del nivel de molestia de los pasajeros en el interior de material rodante.



- Establecimiento de mapas de ruido, vibraciones y temperaturas en el interior del tren y posibles actuaciones de mejora.
- Desarrollo de un sistema de alertas de emisión de niveles excesivo de ruido y vibraciones.
- Desarrollo de vehículos "silenciosos" a altas velocidades: diseño de ruedas silenciosas, control activo del ruido, optimización vibracional de los equipos de abordó.
- Desarrollo y aplicación de materiales antirruído y antivibraciones en estructura e interiorismo de vehículos ferroviarios.

- 3.** Trenes de ancho variable para $V \geq 300$ km/h. Diseño de nuevos vehículos con velocidades superiores a las actuales.



- Desarrollo de un sistema de cambio de ancho de rodadura para velocidades superiores a 250 km/h.
- Desarrollo de un sistema de suspensión activa para trenes dotados de sistema de cambio de ancho de vía.
- Diseño aerodinámico de un tren desde el punto de vista de la infraestructura: levantamiento del balasto.
- Optimización aerodinámica de los trenes de alta velocidad.
- Desarrollo de un bogie de mercancías de altas prestaciones.
- Suspensión activa inteligente (IDS) para trenes mediante amortiguación gobernada



por fluidos magnéticos. Desarrollo de fluidos magnéticos con viscosidad modulable mediante la aplicación de un campo magnético variable.

- 4.** Materiales. Ecodiseño.



- Introducción de conceptos de ecodiseño en el desarrollo de vehículos ferroviarios.
- Guía de ecodiseño para material móvil ferroviario.

- 5.** Seguridad pasiva. Base de datos de accidentes.



- Establecimiento de metodología para el estudio de incidentes ferroviarios.

- 6.** Tracción y freno.



- Desarrollo de un sistema de alerta de emisión de armónicos.

- 7.** Rendimiento humano y aplicabilidad de la tecnología. Vibroacústica. Supervisión dinámica del conductor en tiempo real. Sistema de registro de la actividad humana.

Líneas de prioridad 3

- 1.** Dinámica ferroviaria. Mejorar la modelización de la interacción vehículo-vía.



- Sistemas de rotación independientes de rueda: guiado activo.
- Modelización teórica del contacto rueda-carril en 3D, para su incorporación a modelos de simulación dinámica.

- 2.** Confort en el material móvil. Materiales antirruído y vibración. Suspensiones activas "inteligentes".

- 3.** Rendimiento humano y aplicabilidad de la tecnología. Nuevos materiales (incremento de temperatura en la interface usuario-asiento o un soporte excesivamente duro).

- 4.** Emergencia y evacuación. Influencia de los interfaces en la gestión de crisis y emergencia.

- 5.** Emergencia y evacuación. Sistemas de información que faciliten la evacuación.

- 6.** Comunicación tren - exterior.



- Desarrollo de sistemas de comunicación tren-exterior sin conexión eléctrica para información y entretenimiento a bordo.

- 7.** Entretenimiento a bordo.



- Desarrollo de aplicaciones Tic 's para entretenimiento a bordo.

Líneas de prioridad 4

- 1.** Ruido y vibraciones. Control activo aplicado a la dinámica ferroviaria: bogies activos; pantógrafo/catenaria activa. Desarrollo de una metodología para simulación de dinámica ferroviaria enfocado a la reducción de las vibraciones por control activo empleando software comercial. Caracterización de los inputs vibratorios y predicción de respuesta frente a tramos en mal estado, peraltes, cambios de vía a velocidad elevada, etc. y posibilidad de implementar control activo de vibración.

2. Dinámica ferroviaria. Mejora de los métodos de simulación por ordenador.

3. Energía y captación de energía. Levitación.



- Proyecto de metropolitano con levitación magnética.

4. Fiabilidad y mantenibilidad en el material móvil. Sistemas redundantes. Simplificación de los sistemas de tracción.



- Desarrollo de sistemas redundantes que autoricen la circulación en condiciones degradadas.



6.4. Área 4: Plataforma, superestructura, vía e instalaciones

Líneas de prioridad 1

1. Estudio de posible empleo de materiales reciclados en la construcción de la infraestructura ferroviaria.



- Elaboración de criterios de aceptación y diseño para el empleo de materiales procedentes de demoliciones en la construcción de terraplenes de líneas ferroviarias de diferentes características.
- Desarrollo de estudios de caracterización de conjuntamiento de materiales reciclados de la construcción en el proyecto de capas de forma en plataformas ferroviarias de diferentes prestaciones.

2. Estudio de optimización integrada de componentes - infraestructura - vía - trenes para garantizar las adecuadas condiciones de explotación en líneas de alta velocidad con coste de mantenimiento equilibrados.



- Estudio integrado infraestructura - vía - vehículos de la rigidez de la vía como parámetro determinante del equilibrio y calidad de la rodadura/costes de mantenimiento en líneas operadoras a alta velocidad, con el objetivo de establecer la relación entre la variación de rigidez de la vía y los costes de su mantenimiento.
- Desarrollo de criterios de diseño de los diferentes subsistemas- infraestructura, vía...- orientados a minimizar los costes de mantenimiento, con el objetivo de optimizar el diseño de los subsistemas en sí mismos y de modo integrado con el resto para alcanzar una eficiencia mayor en el comportamiento a largo plazo.

3. Introducción de nuevas características estructurales para garantizar un apropiado comportamiento de puentes y viaductos en líneas de alta velocidad limitando, a su vez, las necesidades de mantenimiento.



- Evolución de criterios de diseño de estructuras considerando nuevos fenómenos dinámicos- incluido resonancia- y la interacción con la vía para líneas ferroviarias con velocidades crecientes, con el objetivo de introducir mejoras en el diseño de estructuras considerando efectos dinámicos, buenas condiciones para su mantenimiento y buen comportamiento del fenómeno de interacción vía tablero.



- Estudio de las condiciones de mantenibilidad de puentes, viaductos y estructuras desde la etapa de diseño incluyendo el fenómeno de socavación de pilas en cauces en hipótesis de avenida, con el objetivo de establecer criterios de diseño para optimizar la mantenibilidad.

4. Introducción de mejoras en el binomio infraestructura-vehículos para facilitar la circulación de trenes de mercancías en líneas modernas de altas prestaciones.



- Introducción de nuevos criterios en la interacción vehículo-vía para la explotación de la línea a velocidades superiores a los 300Km/h.
- Estudio de mejoras a introducir en el diseño de infraestructuras y vehículos para facilitar la compatibilidad entre circulaciones de viajeros y de mercancías en líneas de altas prestaciones en términos de explotación eficiente, con el objetivo de definir medidas que faciliten la compatibilidad entre trenes de viajeros y mercancías en líneas de altas prestaciones en condiciones de eficiencia de explotación y exigencias de mantenimiento equilibradas.
- Estudio de fenómenos dinámicos en la interacción vehículo-vía en el rango de la "muy alta velocidad" relacionados con la geometría del trazado, con el objetivo de identificar las condiciones que regulan el incremento de velocidad por encima de los 300 km/h en términos de estabilidad de la superestructura y de confortabilidad para los viajeros.

5. Vía en placa para líneas urbanas.

6. Materiales con propiedades específicas. Nuevos productos (cables, perfiles metálicos, hormigones especiales, utillajes, pertas con ventajas competitivas, depósitos, WC, medidores, sistema de vacío, aire acondicionado, catenaria, grifas).

7. Ruidos y Vibraciones.



- Tolerancias geométricas en tranvías.
- Nuevas técnicas de modelización del ruido generado en el contacto rueda-carril.
- Modos de reducción del ruido procedente del contacto rueda-carril.
- Técnicas de absorción o atenuación del ruido generado en el contacto rueda-carril.
- Modelos avanzados de cálculo en el entorno de vibraciones con origen en el contacto rueda-carril.
- Modos de reducción de la magnitud de las vibraciones generadas por la circulación de trenes.
- Nuevas técnicas de atenuación de vibraciones producidas por el tráfico ferroviario.

8. Nuevos diseños y procedimientos constructivos (construcción sostenible, aplicaciones tecnológicas avanzadas, mantenibilidad, RAMS).



- Optimización dinámica de componente de vía para retardo de la aparición de corrosión.

Líneas de prioridad 2

1. Introducción de nuevas características estructurales para garantizar un apropiado comportamiento de puentes y viaductos en líneas de alta velocidad limitando, a su vez, las necesidades de mantenimiento.



- Establecimiento de criterios sistematizados de diseño de apoyos de tableros en estructuras de líneas ferroviarias implantadas en zonas sísmicas.
- Desarrollo de nuevas metodologías simplificadas de cálculo para la consideración de fenómenos sísmicos en el diseño de estructuras.
- Estudio de los nuevos fenómenos relacionados con la flexibilidad transversal que surge al circular composiciones a alta velocidad sobre viaductos de dimensiones singulares y planteamiento de los criterios de diseño apropiados.

2. Introducción de mejoras en el binomio infraestructura-vehículos para facilitar la circulación de trenes de mercancías en líneas modernas de altas prestaciones.



- Estudio de los criterios para establecer los valores de los parámetros geométricos del trazado para reducir los tiempos de viaje en líneas de alta velocidad mediante el empleo de técnicas de inclinación de cajas en vehículos ferroviarios.
- Estudio de medidas a introducir en el diseño de infraestructuras y vehículos en el modo de operación para una explotación eficiente de trenes de mercancías en líneas con tramos de pendientes acusadas, con el objetivo de definir innovaciones tecnológicas que faciliten la circulación de trenes pesados de mercancías en líneas con grandes pendientes de modo compatible con niveles de mantenimiento aceptables y condiciones económicas de explotación.
- Adaptación de la normativa europea a las particularidades de la vía de ancho ibérico en el ámbito de la interacción vehículo-vía.

3. Estudios para establecer criterios de diseño y construcción orientados a mejorar las características y el comportamiento a largo plazo de diferentes componentes de la infraestructura.



- Introducción de nuevos criterios de diseño de plataformas ferroviarias para optimizar su capacidad portante a largo plazo considerado el conjunto de su ciclo de vida útil.

4. Estudio de posible empleo de materiales reciclados en la construcción de la infraestructura ferroviaria.



- Establecimiento de criterios de evaluación de idoneidad y de diseño de capas de forma y plataforma para el empleo de nuevos materiales en líneas de alta velocidad.

5. Nuevos materiales reciclados de balasto, y para el balasto.



- Análisis de la rentabilidad del reciclaje in situ de los materiales de vía en balasto para su utilización en la renovación de dicha vía por otra en placa con losas prefabricadas en parque.

6. Rentabilidad en procesos productivos (soldadura, corte láser).

Líneas de prioridad 3

1. Estudios para establecer criterios de diseño y construcción orientados a mejorar las características y el comportamiento a largo plazo de diferentes componentes de la infraestructura.
 - Desarrollo de nuevas metodologías de seguimiento y control de obras de tierra para plataformas de alta velocidad con el objetivo de optimizar las características de su capacidad portante.
 - Establecimiento de nuevas metodologías para elaborar modelos de simulación y cálculo del fenómeno de fatiga para los diferentes componentes que integran la infraestructura de líneas ferroviarias de altas prestaciones.
 - Desarrollo de criterios para sistematizar el comportamiento integrado vía-vehículo mediante el estudio combinado de los rangos de valores de los parámetros rigidez de vía y amortiguamiento de trenes.
2. Desarrollo de nuevos métodos de cálculo y diseño orientados a optimizar el equilibrio coste/explotación/mantenimiento en túneles para líneas de alta velocidad.
 - Estudios encaminados a establecer un nuevo método de sistematización de criterios para seleccionar entre las alternativas de túnel de vía doble o pareja de túneles de vía única en líneas de alta velocidad.
 - Introducción de nuevos criterios de diseño para optimizar el comportamiento vehículo-infraestructura en túneles explotados en el futuro con trenes circulando a "muy alta velocidad".
3. Desarrollo de métodos avanzados de modelización y cálculo de fenómenos vibratorios relacionados con la infraestructura.
 - Caracterización integral y evaluación de consecuencias de la aparición de vibraciones en diferentes componentes de la infraestructura de líneas de alta velocidad.
 - Desarrollo de nuevos modelos de simulación y cálculo de vibraciones producidos por la circulación de trenes y transmitidas al entorno por las infraestructuras.
4. Introducción de nuevas características estructurales para garantizar un apropiado comportamiento de puentes y viaductos en líneas de alta velocidad limitando, a su vez, las necesidades de mantenimiento.
 - Desarrollo de criterios para seleccionar tipologías estructurales que optimicen la secuencia diseño-construcción-explotación-mantenimiento considerando expresamente el comportamiento derivado de su explotación con trenes de alta velocidad. Análisis del comportamiento y mantenimiento de las estructuras existentes.
5. Estudio de optimización integrada de componentes - infraestructura - vía - trenes para garantizar las adecuadas.
 - Desarrollo de nuevos métodos para medir con mayor precisión los esfuerzos rueda-carril.
6. Análisis de ruido y vibraciones asociados a la superestructura y vía.



6.5. Área 5: Explotación, operación y seguridad del sistema ferroviario

Líneas de prioridad 1

1. Automatización de la operación. Análisis del proceso de automatización (DTO-UTO sin conductor) de una línea de metro existente desde el punto de vista de condiciones operacionales, definición funcional del sistema, proceso de sustitución y periodo transitorio, material rodante, instalaciones de seguridad, centro de control y análisis de coste-beneficio.
 - Definición de los futuros puestos de mando de explotación de líneas ferroviarias automatizadas sin conductor, marcando premisas genéricas en factores: Ergonómicos, operativos, funcionales y tecnológicos comunes a los diferentes tipos de explotaciones, en sus diferentes niveles.
2. Automatización de la operación. Certificación de una línea de metro con conducción automática sin conductor. Realización del análisis de riesgos, tanto a nivel de los distintos subsistemas como del sistema global a lo largo de las diferentes fases del proyecto, para la elaboración de planes de seguridad de elementos críticos, procedimientos de operación, mantenimiento, pruebas de recepción y marcha en blanco que garanticen la seguridad integral del sistema.
 - Definición del proceso de certificación de una línea de metro automática sin conductor: Análisis de riesgos y elaboración de los planes de seguridad de los subsistemas y de los procedimientos de operación, mantenimiento y recepción que garanticen la seguridad integral del sistema.
3. Información al viajero. Sistema integral de información de servicios integrando la oferta teórica, las incidencias en tiempo real, los intermodos, servicios alternativos, etc., aprovechando el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas y plataformas embarcadas.
 - Sistema integrado de gestión de la información al viajero con generación automática de mensajes en distintas plataformas como teleindicadores de estación y embarcados, envío de mensajes SMS a usuarios e información de la incidencia al propio personal técnico.
4. Eficiencia energética. Aplicaciones para la operación de tráfico en diferentes entornos de con-

ducción, señalización o sistemas de protección (ATP, CBTC) con criterios de ahorro energético: diseño óptimo de marchas, conducción económica, diseño de horarios, aprovechamiento del frenado regenerativo.



- Sistema automático de registro, comunicación a tierra y tratamiento de información operacional del tren de datos de conducción y consumo energético de trenes en ferrocarriles metropolitanos, orientados a aplicaciones para el análisis de la conducción, evaluación de la eficiencia energética, facturación y mantenimiento.

5. Comunicación Tren-Tierra. Arquitectura de comunicaciones que asegure la conectividad del material móvil con la red de operación y gestión de la empresa, a fin de potenciar las prestaciones de los sistemas embarcados como repositorios y fuentes de información para operación y mantenimiento.

6. Estandarización. Generación de estándares para la automatización de procesos en la operación ferroviaria, mediante la definición de esquemas XML normalizados de los sinópticos de línea, señalización de línea y parámetros de explotación para su utilización en la generación de planes de explotación, simulación y configuración de sistemas auxiliares.

7. Información al viajero sobre transporte público, conexiones intermodales y localización y guiado de personas, por medio de dispositivos móviles dentro de líneas subterráneas. Estudio e implantación de sistemas que permitan a los usuarios mediante el uso del teléfono móvil de conocer su posición, los horarios en tiempo real y las indicaciones necesarias para llegar a su destino empleando el transporte público. Uso de pseudolitos satélite u otros medios de localización en interiores.

8. Mejora de la capacidad de transporte. Desarrollo de modelos y herramientas de análisis y optimización de la capacidad ferroviaria, orientadas especialmente a redes saturadas (como las metropolitanas) y a líneas de uso mixto de viajeros y mercancías. Integrándose herramientas de:

- Análisis de la capacidad de transporte para los diferentes tipos de señalización basados en simulación.
- Modelos de cálculo automático de intervalos mínimos.
- Modelos de generación de horarios eficientes.
- Modelos de simulación de la red de alimentación eléctrica.
- Herramientas de simulación para su uso en la formación de personal y en la simulación y análisis de incidencias.
- Herramientas de simulación de los sistemas de regulación y de sus diferentes estrategias en caso de incidencias y cálculo de las marchas económicas para regulación.



- Desarrollo de un entorno integrado de simulación del tráfico ferroviario, trenes, sistemas de supervisión y control, que permita el ensayo y análisis de nuevos sistemas de control, nuevos planes de explotación, análisis de incidencias, planificación de recursos humanos y sirva de plataforma integrada de formación de operadores y maquinistas. Este entorno debería de mejorar la eficacia de la implantación de nuevos sistemas, planes de explotación y formación.

9. RAMS y Normativa CENELEC. Aplicación de la norma en el diseño de sistemas ferroviarios. Es-

tado de la norma. Desarrollo de modelos matemáticos para la evaluación de la totalidad de los riesgos ferroviarios y sus interfaces.



- Proyecto SICTREN: Sensores intercomunicados embarcados.
- Desarrollo de una metodología matemática para la predicción de errores humanos desde una óptica integral.

10. Integración del factor humano en la seguridad. Diseño, construcción y gestión de sistemas que tengan en cuenta el impacto de los factores humanos. Medidas de intervención en seguridad. Situaciones degradadas en explotaciones y líneas altamente automatizadas. Medidas de intervención en percepción del riesgo.

11. Gestión en la seguridad. Modelos, metodologías y productos que hagan más fácil el desarrollo e implementación práctica de la Directiva de Seguridad Ferroviaria (Indicadores Comunes de Seguridad -ICS-, Métodos Comunes de Seguridad -MCS- y Objetivos Comunes de Seguridad -OCS-). Análisis del papel de la organización en la seguridad del transporte por ferrocarril. Diseño de sistemas, ingeniería y ergonomía de requisitos. Métodos de análisis para distintas fases del ciclo de vida ferroviario. Definición de interfaces técnicas y humanas. Sistemas efectivos de Gestión de la Fiabilidad Humana en el Mantenimiento. Nuevos métodos y protocolos de investigación de accidentes, incidentes y cuasi-accidentes. Nuevas Barreras Preventivas.



- Determinación de las tasas de riesgo de los sistemas y subsistemas del ferrocarril.

Líneas de prioridad 2

1. Automatización de la operación. Sistemas de ayuda a la operación de tráfico y gestión de incidencias de circulación. Re-planificación de horarios en tiempo real.

2. Automatización de la operación. Identificación y localización de material rodante utilizando distintas tecnologías, y la integración de estos datos para cumplir los requisitos de seguridad de distintos sistemas de seguimiento de tráfico. Identificación positiva. Seguimiento en tiempo real.



- Sistema de localización de trenes en Metropolitanos (sin cobertura GPS), por integración de seguimiento de circuitos de vía, radiolocalización, balizas de radiofrecuencia, etc.

3. Automatización de la operación. Modelización de una línea de metro para su automatización: Modelización física, funcional y operacional, siendo esta última el resultado de aplicar la arquitectura funcional a la arquitectura física del modelo. Modelización de conducción manual, automática y mixta. Prueba y verificación del modelo en una línea existente.



- Definición funcional y del modelo operativo de una línea de metro sin conductor: estudio de alternativas, análisis coste-beneficio y automatización de líneas convencionales en servicio.

4. Venta y control de accesos. Definición de sistemas de peaje y billete único para diferentes medios de transporte, capaces de implementar políticas tarifarias complejas, como tarifa por nivel de uso.



- Desarrollo de tarjeta inteligente sin contacto de bajo coste para el transporte público y que cumpla con los requisitos de seguridad del sistema.

5. Eficiencia energética. Planificación y gestión integral de la generación y uso de la energía, en base a la planificación de trenes y dispositivos que permitan la utilización de la energía, en el ámbito ferroviario.
6. Accesibilidad. Desarrollo de sistemas de guiado con tecnologías innovadoras, de tipo de posicionamiento magnético, Radiofrecuencia o guiado Bluetooth, que permitan mejorar de forma importante la accesibilidad y movilidad de las personas discapacitadas.
7. Gestión dinámica de la demanda. Gestión en tiempo real de las variaciones puntuales de la demanda, mediante el análisis en tiempo real de la información de viajeros, utilizando sistemas de tipo: Análisis de video inteligente, captación de códigos de móviles con protección de la privacidad. Sistemas de detección con tecnología Bluetooth o Wifi. El objetivo de estos sistemas es la obtención de datos contrastados para optimizar la planificación de la oferta de transporte y detectar y gestionar situaciones especiales de demanda de servicio.



- Control del flujo de viajeros embarcados, en líneas metropolitanas de alta densidad.

8. Automatización de la operación. Estudio sobre la instalación de puertas de andén. Estudio de las diversas alternativas (pantallas cerradas o de media altura) e instalación en una línea piloto. Fiabilidad y procedimiento de uso frente a contingencias y en función de su uso, con tráfico mixto o solo automático.
9. Automatización de la operación. Estudio y acondicionamiento de cocheras para la circulación de unidades sin conductor. Consignas de seguridad, análisis de riesgos para el personal de mantenimiento.
10. Medidas de calidad. Aplicaciones que generen medidas de calidad a partir de sistemas de conteo y /o peajes y la circulación de trenes, válidos tanto para explotaciones con horario ofertado como por intervalo ofertado.
11. Sistemas de emergencia y ayuda a la evacuación. Sistemas de comunicaciones específicas para estados de emergencia.



- Integración del sistema GALILEO en el ERTMS y la implicación operativa del Factor Humano teniendo en cuenta los planes de contingencia.

12. Instalaciones auxiliares de seguridad y seguridad de los ciudadanos (incluye security). Seguridad contra incendios. Sistemas de detección y vigilancia. Sistemas de comunicaciones. Diseño y aplicación de medidas de seguridad en pasos a nivel.



- Estudio del comportamiento humano para reducir la accidentalidad de los usuarios vulnerables en pasos a nivel y las personas no autorizadas a las instalaciones ferroviarias.

- Estudio de los suicidios en el ferrocarril: estrategias de identificación e intervención.

13. Señalización, sistemas de protección al tren y telecomunicaciones.

14. Homologación con otros sistemas europeos y modos de transporte. Transferencia tecnológica con/de otras industrias. Definición intersectorial de métodos.

15. Protección de trabajadores (seguridad laboral). Nuevos sistemas de gestión de seguridad laboral. Prevención de nuevos riesgos.

Líneas de prioridad 3

1. Planificación y demanda. Aplicación que evalúe la demanda diaria en base a los datos de la matriz de cargas de los sistemas de conteo (fijos o embarcados), y propongan capacidades de oferta por franja horaria y tipo de material, según los compromisos de calidad ofertados.
2. Venta y control de accesos. Sistemas automáticos de evaluación y gestión del nivel de fraude, mediante comparación de la carga real de cada servicio y la información del sistema de venta y cancelación.
3. Medidas de calidad. Aplicaciones informáticas que integren de forma automática los datos de la matriz de cargas de los sistemas de conteo y la información de paso real de las circulaciones.
4. Planificación la demanda. Análisis del flujo global de viajeros en poblaciones, estudiando la movilidad de los viajeros entre los diferentes modos de transporte, mediante la utilización de muestras al azar de la localización y seguimiento de teléfonos móviles.
5. Conteo y seguimiento de personas en tránsito en estaciones y guiado mediante pasillos virtuales estáticos o dinámicos. El conocimiento del número de pasajeros en puntos singulares de la estación (entradas/salidas, andenes, intercambios, etc.), y de la geometría de la estación permite determinar de manera dinámica las rutas óptimas para los movimientos de trasbordo, salida o evacuación de los pasajeros. Análisis de métodos de guiado que sean efectivos, configuración de las zonas de paso de los usuarios de diversas formas: modificando la disposición de los elementos del entorno (iluminación, color etc.) o introduciendo elementos auxiliares.

Líneas de prioridad 4

1. Planificación y demanda. Sistema de estimación de origen-destino en tiempo real, en entornos masificados complejos, mediante desarrollos de sistemas en base a análisis inteligente de vídeo.
2. Programación de la operación. Aplicación que optimice la asignación de turnos de material en función de criterios y restricciones del mantenimiento, como capacidad de trabajo en talleres.
3. Programación de la operación. Aplicación para el diseño óptimo de los horarios de trenes para cubrir la capacidad ofertada por franja horaria. Integración de datos de planificación horaria con los sistemas de explotación en tiempo real incluyendo información al viajero.
4. Programación de la operación. Intermodalidad: planificación en estaciones intermodales (parcialmente resuelta en aviación civil).

5. Automatización de la operación. Sistema dinámico de automatización de itinerarios en las playas de vías de talleres y depósitos, en base a la asignación de turnos de material, plan de lavado y programación de intervención de mantenimiento.
6. Venta y control de accesos. Pago a través de móvil.



- Desarrollo estándar de un conjunto RFID chip + antena de proximidad, como soporte para el pago electrónico, para incorporar en objetos personales tales como teléfonos móviles, llaveros, PDA's.



6.6. Área 6: Transporte de mercancías

Líneas de prioridad 1

1. Modelo de complejos logísticos estratégicos; orientados a la especialización de la mercancía, la integración urbana, base de reparto puerta a puerta y terminales intermodales.



- Red interoperable al menos en los corredores estratégicos de la Unión Europea.



- Red interoperable ERTMS nivel 3.

2. Integración del tráfico de mercancías en los núcleos urbanos: identificación de los puntos de conflicto, determinación de la distorsión del tráfico ferroviario general y mecanismos de mejora sobre vías dedicadas, criterios de elección de "circunvalaciones", ubicación y explotación de conexiones a otros modos.



- Gestión de mercancías priorizada y exprés.



- Apoyo a la logística inversa orientada al reciclaje, desperdicios, materias devueltas.

3. Integración del tráfico de mercancías en el sistema ERTMS: actuaciones reguladoras y determinación de los aspectos críticos de la red nacional.



- Incremento de capacidad articulado desde la red convencional permitiendo accesos exclusivos dedicados y orientados a las mercancías.



- Optimización de la capacidad de carga en base a rendimiento de los procesos de explotación, operación y mantenimiento.

4. Identificación de factores críticos basados en la seguridad en la circulación y el mantenimiento para admitir trenes más largos y pesados incrementando la velocidad hasta 140 Km/h.



- Corredores interoperables con actualización de versiones y equipos al desarrollo armonizado en Europa del ERTMS hasta el nivel 3.



- Innovación sobre las ciudades logísticas y macro enlaces modales.

5. Establecimiento de corredores convergentes al Espacio Europeo y habilitados para el tráfico mixto en servicios y prestaciones.



- Mejora de los procesos de seguridad en la circulación en los ámbitos del control del tren y mercancía transportada.

6. Mejora del modelo de negocio y buenas prácticas en base a eficiencia en el transporte ferroviario. Establecimiento de criterios de convergencia comodales para los servicios puerta a puerta; interfaces con el cliente y priorización de variables críticas que definan índices de calidad hacia el servicio y el cliente; mecanismos de reacción a incidentes, enrutamiento alternativo y respuesta al cliente.



- Innovación en base a la demanda de los clientes. Desarrollo de nuevos conceptos de la cadena de valor con base tecnológica en la mayor eficacia de la especialización de trenes, el transporte combinado, la accesibilidad puerta a puerta en el ferrocarril y los servicios multimodales.



- Consolidación del modelo puerta a puerta y estrategia de captura de mercado de sectores estratégicos para el suministro urbano.

7. Investigación en las técnicas y prácticas de los servicios de transporte de mercancías en ferrocarril. Aseguramiento y desarrollo de las prácticas de éxito sobre bases de especialización de vagones y materias de volumen de mercado experimentadas o en ensayo.



- Consolidación del ferrocarril en el compromiso medioambiental del transporte de cargas como base de la fiabilidad en el negocio logístico.



- Eliminación de restricciones en el tráfico en el espacio europeo.

8. Investigación de técnicas orientadas a la calidad del servicio y la competitividad, sobre las bases de mejora y servicios de la infraestructura, los puntos intermodales, la consolidación de trenes más largos y con mayor capacidad de carga y variables críticas de eficiencia en vagones y unidades intermodales.



- Consolidación del transporte ferroviario como valor significativo en la cadena de la mejora de la capacidad y competitividad de los procesos de producción estratégicos de alta tecnología.



- Captura e integración de cuotas de transporte de entrega y reparto urbano en base a la capacidad de servicios ferroviarios.

9. Procesos productivos en el material rodante: Lograr material tractor y vagones que permitan trenes más rápidos, más limpios, con contribución a la eficiencia energética, menos ruidosos, con más carga minimizando efectos en infraestructura, mejora del mantenimiento y prestaciones con especialización orientada a un modelo co-modal con criterio de servicio puerta a puerta.



- Consolidación de material rodante basado en modelos de vagón simplificados que permitan resolver una especialización en materiales transportados sobre una base intermodal integrada.



- Desarrollo de base tecnológica para aseguramiento de la integridad de tren sobre gestión ERTMS nivel 3.

10. Mejora de los procesos de Seguridad, incorporando componentes para el control de la carga, reducción de ruidos, capacidad del frenado, parámetros críticos para condiciones de marcha, mejora de seguridad en mercancías peligrosas, posicionamiento y control de tren completo.



- Armonización de condiciones de aceptación cruzada del transporte de mercancías.

11. Control de marcha para detección de inestabilidades de carga o índices de peligrosidad propios a la mercancía, al desplazamiento de carga o al descarrilamiento.

Líneas de prioridad 2

1. Soporte de trenes más largos y pesados: identificación de factores críticos basados en la seguridad en la circulación y el mantenimiento con posibilidad de incremento de la velocidad hasta 160 Km/h por especialidades de servicio.



- Trazabilidad y seguimiento integrado en los servicios asociados al sistema GALILEO.



- Enrutamientos alternativos con respuesta a corto plazo ante variaciones de condición de uso de la infraestructura.

2. Singularidades nacionales para la interconexión entre las redes existentes, cambio de ancho y conexión intermodal sobre los corredores estratégicos.



- Información y resolución de conflictos en tiempo real de explotación ante el caso de interrupciones o incidencias.



- Incremento de la capacidad sin costes adicionales a la infraestructura en base a las innovaciones de material rodante y de técnicas de identificación y control de trenes.

3. Investigación en áreas de planificación, determinación del índice de capacidad de mercancías y prioridades por materias y cadena de valor, estrategia de determinación del canon y su repercusión a la infraestructura.



- Mejora de los procesos, procedimientos y componentes de infraestructura ligados a sucesos de descarrilamiento.



- Compatibilidad del transporte de materiales perecederos con el resto de tráfico ferroviario.

4. Técnicas de Enrutamiento y Trazabilidad: identificación, definición y desarrollo herramientas inteligentes aplicables al material rodante (tractor y remolcable), la carga, la infraestructura y la gestión centralizada integrables en las plataformas actuales; incorporación de modelos de navegación y seguimiento abierto al momento actual, pero convergente a la integración de GALILEO; control de la carga con centralización nacional y portabilidad transfronteriza.



- Aseguramiento de los procesos de formación del tren. Incremento de la automatización de la gestión y del proceso en la formación del tren, actuaciones de seguridad en la circulación y del proceso de salida del tren y descomposición del mismo.



- Aseguramiento de los desarrollos orientados a la calidad del servicio, las prestaciones y la armonización de interfaces orientados al cliente, la respuesta ante órdenes dinámicas y la gestión de incidencias.

5. Mejora de eficiencia en términos del ahorro de costes: Identificar estrategias escalonando al 30%, 20% y 5%; desarrollo de modelos de negocio cooperativos entre los agentes implicados en el proceso de transporte y servicio del proveedor al usuario final; procesos de administración y accesibilidad a la infraestructura ferroviaria; definición de paradas mínimas con operativa máxima; definición de corredores, surcos y gestión integrada en el total del tráfico ferroviario; criterios energéticos limpios.



- Herramientas de gestión de las autopistas y corredores ferroviarios.

6. Investigación y desarrollo de la gestión y seguimiento de la mercancía. Armonización de soluciones de base tecnológica, interfaz con la infraestructura, los operadores y los clientes. Identificación de conflictos en el seguimiento transfronterizo y protocolización del equipamiento y del proceso.



- Gestión low-cost y optimización tarifaria al alza en base a criterios de calidad de servicio, puntualidad y especialización del transporte.

7. Desarrollo de material apto a los diferentes anchos existentes.



- Innovación en los procesos contractuales con base dinámica de las condiciones de mercado para adecuación de prestaciones de los vagones.



- Modularidad del material rodante para integración en las macro villas logísticas y polos estratégicos de reparto.

8. Incorporación de nuevas tecnologías para ahorros en el tiempo de homologación, admitiendo la simulación contrastada y la mejora de la protocolización de los procesos.



- Unificación de contenedores sobre base comodal en condiciones de mercado globalizado.

9. Herramientas de modelado para desarrollo de vagones simples para el transporte combinado.

Líneas de prioridad 3

1. Desarrollo de modelos de negocio, armonización de gestión y reglamentación en base a exigencias actuales del transporte de trenes, repercusión de la longitud, carga y condiciones de marcha sobre la infraestructura, apartaderos, señalización y control de trenes; condicionantes y demandas del ERTMS sobre los grandes corredores en estudio; exigencias sobre el mantenimiento; prevención de accidentes, su identificación y repercusión.



- Armonización de la reglamentación, normativa y documentación de los transportes y de los procesos transfronterizos.



- Mejoras de rendimiento para el transporte puerta a puerta, incluyendo la identificación y resolución de conflictos derivados de incidencias propias o no al transporte de mercancías con objetivo de garantía de regularidad.

2. Actuaciones reguladoras para la completa planificación e integración del tráfico de mercancías en los tránsitos de entrada y salida de la red principal, los accesos a puntos modales y la ventanilla única.



- Innovaciones en la gestión de los corredores basadas en buenas prácticas de los servicios a viajeros.



- Modelos de rendimiento con la introducción de criterios de compromisos de puntualidad y servicios de información.

3. Herramientas para la unificación de la gestión y control de la documentación en el ciclo completo del proceso, modelo jerárquico con la toma de decisiones, definición de roles y respuesta única al cliente.



- Desarrollo en base a soluciones armonizadas de las TICs para la gestión unívoca de informes, trazabilidad unívoca para los modos de transporte requeridos para servicio.



- Globalización en base a eficiencia y calidad del servicio al mercado extracomunitario incluida la trazabilidad desde origen y destino en Asia, Área Mediterránea y América.

4. Portabilidad de soluciones avanzadas de las técnicas del transporte de viajeros al transporte de mercancías por ferrocarril.

5. Innovación en materiales que permitan aligerar la tara y el incremento de carga.



- Mejora de los procesos productivos para el posicionamiento del mercado nacional para exportaciones a mercados diferenciales del área estratégica de interés con base en la cuenca Mediterránea y América.



- Integración de datos dinámicos de condiciones de marcha en infraestructura y GALILEO para la gestión en tiempo real de incidencias.

6. Integración de las técnicas TIC's para identificación de vagones.



- Desarrollos específicos para el retorno y reciclado de materias.

7. Regulación del transporte rodado y ferroviario en mercancías críticas en la cadena de valor.



Anexo I: Análisis DAFO 2011

Este análisis DAFO incluye el estudio interno del Sector a través de sus fortalezas y debilidades, junto con las principales amenazas y oportunidades, como factor externo al propio sistema.

DEBILIDADES

Resistencia al cambio tecnológico y a la innovación.

- Cultura tradicional y poco receptiva a la innovación que no sea meramente tecnológica, lo que supone reticencias a incorporar cambios provenientes de la investigación que puedan afectar a la organización del Sector Ferroviario.
- Tendencia a no realizar iniciativas innovadoras hasta que aparece legislación o exigencia concreta, dada la incertidumbre ante las ventajas de las inversiones en I+D+i. Existe la percepción de que innovar es poco rentable y supone un gran coste económico.

Dependencia tecnológica del exterior.

- Dependencia tecnológica del exterior en algunos subsectores y componentes. Se prefiere importar antes que invertir en el futuro, lo que supone una fuerte implantación de tecnología foránea.
- Insuficiencia de tecnologías propias, lo que dificulta la expansión internacional.
- Los fabricantes principales son, en su mayoría, multinacionales, por lo que el diseño e innovación tecnológica se realiza en las casas matrices.

Falta de competitividad con respecto a empresas extranjeras.

- Las empresas españolas de fabricación de producto en serie y componentes se ven obligadas a competir, por una parte, con productos de alta calidad y diseño avanzado, procedentes de países más desarrollados del centro y norte de Europa, América del Norte, y por otra, con productos de baja calidad y bajo coste fabricados en países en vías de desarrollo, principalmente del sureste asiático. Puede considerarse que falta un tejido empresarial o una red de proveedores fuertes y con capacidad de innovación tecnológica.
- Las empresas españolas, más pequeñas, se ven abocadas a ir a remolque de la competencia.

Tipología de la estructura industrial inadecuada para la I+D+i.

- Tamaño pequeño de las empresas españolas frente a las grandes multinacionales.
- Dispersión de tecnologías que tiene como consecuencia la dificultad de unificar criterios, requerimientos, soluciones o esfuerzos entre las empresas del Sector.

Deficiencias y falta de armonización en el ámbito legislativo y normativo.

- Normativa obsoleta, "miedo" a cambiar lo que ya funciona.
- Normativa nacional y europea no consolidada y en continuo ajuste.
- Escasez de normativa específica actualizada y extensa de obligado cumplimiento, por ejemplo ETHs, metodologías de evaluación de interfaces y su divulgación y protocolos sencillos de aplicación.
- Baja estandarización de los componentes y vehículos ferroviarios, muy dependientes de particularidades de cada fabricante o suministrador.
- Diseños específicos para el ancho ibérico que complica su estandarización internacional.
- Falta de armonización total para los procesos de certificación europeos, reglas de ingeniería y funcionalidad para la comparación de proyectos e implantación de nuevos sistemas y equipos. Ausencia de normativas para la unificación de ratios que permitan la comparación de proyectos.
- Escasa presencia técnica española en los foros y grupos europeos de normalización, decisión y desarrollo tecnológico.
- Dificultad en la adaptación del material antiguo a las nuevas normativas.
- Necesidad de un elevado número de pruebas antes de cada puesta en servicio y excesivos tiempos totales de certificación.
- Normativa nacional muy intervencionista que dificulta, en gran manera, un desarrollo de los vehículos en tiempo oportuno y los encarece debido a los retrasos en la puesta en servicio.
- Cultura, tanto de fabricantes como de operadores, no orientada a los nuevos planteamientos europeos del Sector en lo referente a la normativa actual.

Falta de planificación estratégica en I+D.

- Escasa experiencia para acceder y participar en programas europeos de I+D+i.
- Escaso tejido de I+D+i y falta de sinergias entre las empresas de la industria ferroviaria.
- Desarrollo de nuevas prestaciones sobre bases tecnológicas insuficientemente consolidadas.



- Excesiva burocracia en la gestión de proyectos de I+D+i.
- Insuficiente coordinación en materia de I+D+i entre universidad, centros tecnológicos y empresas.

Insuficientes infraestructuras científicas y tecnológicas.

- Falta de centros de ensayo y desarrollo para nuevos materiales o equipos.
- Baja disponibilidad de material rodante para la realización de ensayos de investigación.

Insuficiente cultura colaborativa entre los agentes implicados.

- Falta de comunicación entre diseñador-integrador-comprador-explotador-usuario.
- Ausencia de foros de conocimiento para el intercambio de experiencias y bases de datos que permitan compartir estudios y facilitar el desarrollo de nuevos productos y proyectos.
- Ausencia de un cuerpo de expertos técnicos en los administradores de infraestructura y los operadores para resolver los conflictos de interoperabilidad.
- Dificultad en la adquisición de tecnología de reparación de productos de última tecnología, principalmente cuando el mantenedor es diferente al fabricante.
- Falta de coordinación entre los centros de mantenimiento para minimizar el tiempo de indisponibilidad del vehículo.
- En aspectos de ergonomía y confort, las preferencias del cliente no se traducen fácilmente en "órdenes" al proveedor por medio del sistema de precios.

- ➔ Dificultad técnica para la identificación del origen de los problemas, por ejemplo, en ERTMS ¿problema de la vía o del equipo embarcado?

Carencia de visión global para la gestión, explotación y planificación.

- ➔ Falta de autoridad ferroviaria por encima de RENFE y de ADIF.
- ➔ Déficit de competitividad real entre operadores de transporte.
- ➔ Niveles bajos de fiabilidad de servicio.
- ➔ Falta de diccionario de competencias de seguridad, evaluación de la misma e itinerarios formativos de las distintas categorías ferroviarias.
- ➔ Baja implantación de estrategias de fabricación orientadas al ahorro energético (se excluye el frenado regenerativo).
- ➔ Largo proceso de desarrollo de los trenes que impide introducir en tiempo oportuno nuevos dispositivos demandado por los viajeros.
- ➔ Coexistencia de los dos anchos de vía.
- ➔ Obsolescencia de líneas convencionales frente a las de la alta velocidad.
- ➔ Deficiencias operativas en el material móvil (por ejemplo, aumento sustancial de la frecuencia de los trenes).
- ➔ No disminución de tiempos en líneas convencionales, que afectan al material de media distancia.
- ➔ Dificultad en la gestión y tratamiento de obsolescencias y vandalismo.
- ➔ Baja implantación de los servicios embarcados de información al viajero.
- ➔ Bajo nivel de compatibilidad entre los sistemas de gestión de tráfico de distintos fabricantes, que dificulta su integración e intercambio.

Cambio en la financiación pública con hincapié en la financiación bancaria.

- ➔ Reducción de inversiones en I+D+i debido al escenario de desaceleración económica actual.
- ➔ Planteamiento de la actividad innovadora como negocio y no como inversión.
- ➔ Pérdida progresiva de los fondos estructurales.
- ➔ Exigencia de mayor esfuerzo inversor a las empresas para sufragar su investigación que debe orientarse a "mercado".

AMENAZAS

Competencia con empresas extranjeras.

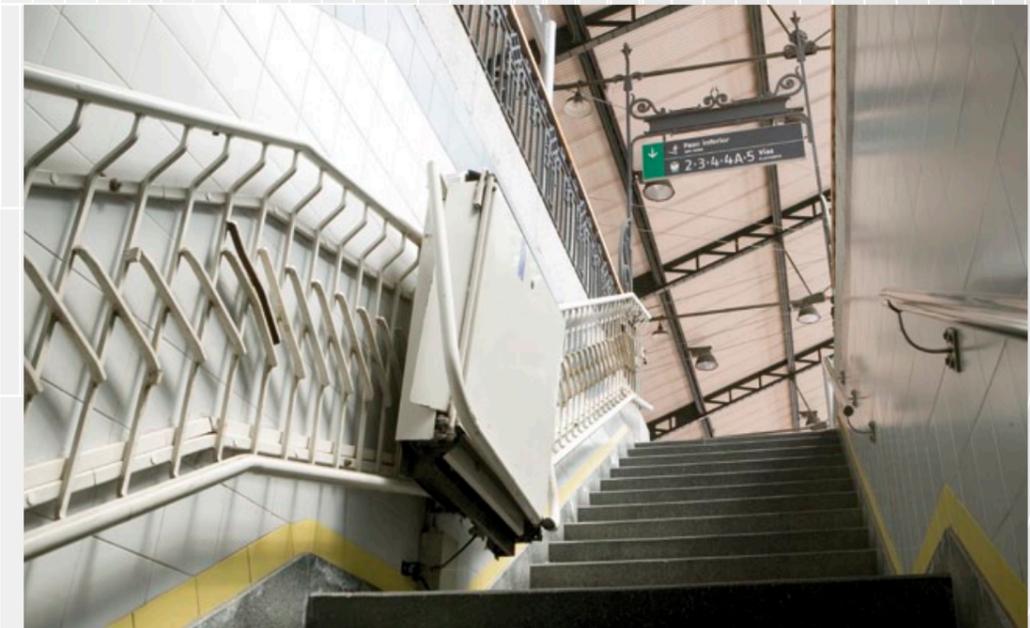
- ➔ Aparición de nuevos competidores en países emergentes.
- ➔ Entrada de empresas extranjeras en España ante la insuficiencia de grupos de investigación y empresas especializadas.
- ➔ Mantenimiento del retraso de la red de innovación tecnológica española frente a redes más desarrolladas en otros países de nuestro entorno.

Competencia con otros modos de transporte.

- ➔ Aumento de la competitividad por parte del transporte aéreo y de carretera, por su mayor agilidad en la adaptación a los cambios e introducción de nuevas tecnologías.
- ➔ Proliferación de líneas aéreas de bajo coste.
- ➔ Incremento del coste de las tarifas de los servicios ferroviarios.

Competencia con centros de investigación extranjeros.

- ➔ Entrada en nuestro mercado de grupos extranjeros de investigación debido a la insuficiencia de grupos españoles especializados.
- ➔ Los centros españoles de investigación tienen menos fuerza para competir en Europa debido a los escasos apoyos de la administración, al contrario de lo que sucede en otros países.



Normativa.

- Tendencia al desarrollo de normativa nacional más restrictiva que la normativa europea.
- No consideración de las peculiaridades españolas (funciones nacionales) en la normativa europea.
- Desarrollo de productos no certificados, no homologados en Europa.
- Mayor exigencia del mercado europeo de productos certificados y homologados.
- Emisión de certificaciones no basadas en la ejecución de ensayos estándar.
- Dilatación excesiva de plazos de puesta en servicio por la confrontación entre empresas en la resolución de conflictos de interoperabilidad entre ellas.
- Dificultad para adaptarse a una oferta cada vez más diversa y competitiva con nuevas normativas y mayores exigencias medioambientales y de los clientes finales.
- Pre-normas y estudios que derivarán en normas de obligado cumplimiento y alta exigencia tecnológica.
- En relación con temas de mantenimiento un escaso conocimiento de las responsabilidades civiles y penales.



Fragmentación del mercado como consecuencia de la liberalización del Sector.

- Compartimentación del conocimiento en temas de mantenimiento (entrada de nuevas empresas mantenedoras con reducida experiencia).
- Heterogeneidad del mercado (disparidad de requerimientos entre los potenciales clientes).
- Incertidumbres del mercado (rechazo inicial a nuevos productos).

Especificidad del sistema ferroviario español.

- Fragmentación de la red ferroviaria.
- Inadaptación del desarrollo de la red en ancho UIC en necesidades específicas del transporte de mercancías.
- Aumento excesivo de funciones nacionales que dificulten la interoperabilidad.

Marco europeo.

- Dificultad en la armonización de las peticiones de cambio (change request) de todas las administraciones ferroviarias europeas.
- Poca realimentación entre proyectos reales y los grupos de la ERA (Agencia Ferroviaria Europea) encargados de la migración de las especificaciones.
- Falta de presencia en los proyectos de investigación, prenormas y estudios que derivarán en normas de obligado cumplimiento y alta exigencia tecnológica.

Aumento de tráfico en red convencional.

- Decreciente disponibilidad de infraestructuras y material para pruebas y ensayos en condiciones reales de operación.

Otros agentes: medio ambiente, seguridad y calidad.

- Incremento del coste de la energía.
- Globalización de las amenazas terroristas en un Sector muy sensible y de difícil protección.
- Alta sensibilización de los usuarios respecto a la calidad del servicio recibido.

FORTALEZAS

Elevado nivel de desarrollo y consolidación.

- Importancia del ferrocarril en el PEIT.
- Fortalecimiento y afianzamiento del sistema ciencia-tecnología-empresa en el Sector.
- Experiencia prolongada en diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias modernas.
- Fuerte tradición nacional en mantenimiento de material ferroviario. Participantes con amplia experiencia, medios y conocimientos contrastados.
- Fidelización de los clientes por parte de los mantenedores, ofreciendo un buen servicio, confianza y añadiendo valor al producto mantenido.
- Elevado nivel de exportación e implantación de empresas nacionales en mercados internacionales, lo que conlleva a la apertura de nuevos horizontes.
- Disponibilidad de sistemas de gestión logística integrada.
- Gran capacidad y experiencia en la implantación, puesta en servicio y explotación de ERTMS, siendo una referencia a nivel mundial.
- Generación de metodología, utilizando métodos comunes de seguridad para creación de los valores de referencia nacional en materia de seguridad.

Impulso inversor en el Sector Ferroviario.

- Destacado nivel de inversión en los últimos años, de modo sostenido, en infraestructuras ferroviarias modernas, aprovechable también para el mantenimiento del material rodante.
- Desarrollo de un sistema de control de tráfico que se convertirá en el futuro en el estándar mundial.
- Incremento considerable durante los últimos años en inversiones en investigación por parte de las constructoras nacionales.
- Áreas en fase expansiva en la alta velocidad, y el modo tranviario
- Nuevas áreas emergentes: vía en placa, materiales reciclados, vía de tres carriles.

Tecnologías.

- Mayor preparación técnica de las empresas españolas para ofrecer innovaciones positivas y aportar valor añadido al producto final.
- Elevado nivel de cualificación en tecnologías clásicas de los profesionales del Sector.



- Alta capacitación tecnológica de universidades, centros tecnológicos e industrias.
- Conocimiento de todas las tecnologías europeas de alta velocidad.
- Visión de futuro por parte de las empresas y profesionales del Sector en la aplicación de tecnologías de vanguardia y servicios innovadores de mantenimiento.
- El papel de España en la interoperabilidad es el de país pionero en el que se está demostrando de forma fehaciente la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

Liberalización y políticas europeas.

- Impulso a la liberalización ferroviaria y creación de un mercado verdadero con múltiples postores.
- Reforzamiento de la competencia.
- Creación de un sistema realmente "abierto" no propietario de las empresas suministradoras.
- El sistema ERTMS evita totalmente la creación de mercados cautivos.

Centros de investigación y tecnológicos.

- Creación del Centro de Tecnologías Ferroviarias e Instalaciones de Ensayos y Experimentación de Adif.
- Existencia de centros privados de investigación especializados en tecnologías ferroviarias.
- Gran adaptación de los centros de investigación a las demandas realizadas por el Sector.



- Enfoque multidisciplinar y alta cualificación de los investigadores.
- Investigadores especializados en la detección de necesidades de los usuarios, que asegura la rentabilidad y usabilidad de los productos.

Percepción social positiva.

- Consideración del ferrocarril como un modo de transporte "verde", limpio y respetuoso con el medio ambiente, "seguro" y especialmente en altas velocidades.
- Puntualidad, al menos potencialmente.
- Tiempos competitivos con el Sector aéreo en distancias hasta 600 km en explotación a alta velocidad.
- Resuelve la movilidad entre las grandes ciudades, y sus estaciones pueden situarse en el centro de la ciudad.
- Bajo coste del ferrocarril para acceder al centro de la ciudad: libre de congestión.

OPORTUNIDADES

Impulso desde las administraciones y desarrollo de actividades de I+D+i.

- Disponibilidad de recursos e impulso decidido desde las administraciones y organismos públicos en políticas de I+D+i, tanto a nivel nacional como en programas europeos a medio y largo plazo.
- Perspectivas de continuidad de notables niveles de inversión en infraestructuras ferroviarias modernas en los próximos años para la revitalización del Sector.
- Política y modelo ferroviario en plena evolución: liberalización y posible cambio de modelo de gestión.
- Interés de las administraciones nacionales y regionales en el desarrollo del transporte público y, en particular, el desarrollo de nuevas infraestructuras de alta velocidad.
- Creciente sensibilización política hacia la introducción de tecnologías que mejoren las características de seguridad y sostenibilidad ambiental de los modos de transporte.
- Realización de proyectos innovadores con posibilidades de éxito destacable, pese a la competencia existente.
- Posibilidad de acceder a proyectos internacionales.
- Participación en proyectos europeos relacionados con la interoperabilidad.
- Creación del Centro de Tecnologías Ferroviarias e Instalaciones de Ensayos y Experimentación de Adif; con el desarrollo de un laboratorio GSM-R y TIC.
- Creación de laboratorios líderes en ERTMS, con capacidad de prestar servicios no sólo en España, sino en toda Europa. Asistencia técnica a la ERA (Agencia Ferroviaria Europea).

Desarrollo de nuevas tecnologías.

- Gran desarrollo en tecnologías de aplicabilidad al Sector Ferroviario en tecnologías de la información (TIC's), materiales, tecnologías de ancho variable, cartografía, GPS, telecomunicaciones, robótica.
- Desarrollo de herramientas innovadoras (medidor de mensajes de balizas portátil y universal, medidas de compatibilidad LEUs-balizas, herramientas de análisis de los JRU, etc..) por parte de empresas españolas.
- Identificación de nuevas técnicas innovadoras que permitan una rápida implementación, mejorando el servicio, la operatividad y la fiabilidad de los vehículos.
- Innovación y aplicación de los resultados de las investigaciones a las nuevas empresas, materiales, sistemas y productos ferroviarios.

- Avances en metodologías y modelos de seguridad que nos señalan como referente mundial.
- Tecnología patentable y exportable.

Globalización del mercado.

- El aumento de los países comunitarios ofrece nuevas oportunidades de negocio, incrementándose el desarrollo de nuevos mercados y nuevos productos (tranvías, metros).
- Gran demanda a corto y medio plazo, dado el crecimiento a nivel nacional e internacional.
- Proyección europea de las empresas mantenedoras.
- Importante posicionamiento nacional en el Sector Ferroviario europeo. Referente nacional e internacional.
- Planes de desarrollo ferroviario en países emergentes.
- Generalización de la Alta Velocidad a nivel mundial.
- Oportunidad para las empresas españolas de buscar nichos de negocio específicos en el ámbito de ERTMS, basados en el hecho de ser el país europeo con mayor implantación del mismo, y pudiendo España, en el ámbito de la interoperabilidad, convertirse en el líder europeo.
- Aparición de nuevos operadores, en el marco de la liberalización del Sector.
- Aparición de empresas de alquiler y mantenimiento de material rodante.

Mejora en la totalidad del sistema.

- Posibilidad de ofertar diferentes servicios adicionales al transporte.
- Realización de contratos de mantenimiento de material rodante a más largo plazo.
- Mejoras en la rentabilidad del mantenimiento del material rodante, y surgimiento de nuevas empresas de mantenimiento.
- Posibilidades de realizar alianzas estratégicas cliente-mantenedor, que posibilite una mayor participación de los clientes en el servicio, estableciendo relaciones a largo plazo.
- Desarrollo de herramientas específicas que permitan un mayor control del mantenimiento por parte de los administradores de infraestructuras.
- Constante mejora en los estándares de calidad.
- Posibilidades de participación en la elaboración de normativas no existentes o desfasadas.
- Mejora del rendimiento del personal ferroviario, mejora de la productividad, reducción del absentismo, mejora del estado de salud y reducción de la conflictividad laboral.
- Incremento en la confianza de los operadores logísticos.



- Mejora de la seguridad ferroviaria (pasajeros-trabajadores) y su aplicabilidad a otros sistemas de transporte.
- Aplicación eficaz de los métodos comunes de seguridad en la evaluación de riesgos ferroviarios.
- Amplio margen de reducción de los costes de operación mediante estrategias de ahorro energético.
- El incremento del coste de la energía acompañado con la necesidad de mejorar la competitividad invita a reducir el consumo energético.
- Necesidad de reducir las emisiones de CO2 para cumplir con el Protocolo de Kyoto.
- Necesidad de modernizar las infraestructuras ferroviarias con nuevas tecnologías más sostenibles medioambiental y económicamente.
- Vida media de las infraestructuras de más de 30 años, se pueden proponer mejoras que se amorticen en menos de 5 años.
- Transporte de mercancías a desarrollar en ancho variable.
- Transporte de mercancías a desarrollar en alta velocidad.
- Impulso de los servicios que sean de competencia de las Comunidades Autónomas.

Con otros modos de transporte.

- La capacidad del transporte de alta velocidad para competir en desplazamientos medios/altos con el transporte aéreo y de carretera.

- Posibilidad de aprovechar en algún área tecnológica desarrollos ya probados de los Sectores de aeronáutica y automoción.
- Posibilidad de aprovechamiento de tecnologías ferroviarias para nuevos desarrollos en el área de la gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de la automoción.
- Posibilidad de diversificar productos aplicando los desarrollos a otros sectores.
- Aprovechamiento de sinergias y desarrollos transversales en colaboración con otros modos de transporte.
- La apertura a la competencia del Sector Ferroviario refuerza el interés y la necesidad de múltiples facetas de análisis desde una perspectiva intramodal e intermodal.

Sensibilización social positiva y cambios sociales.

- Incremento elevado del interés social en el transporte colectivo, particularmente de carácter sostenible.
- Incremento de campañas publicitarias par favorecer el uso del transporte público.
- La actual política social favorece la ampliación de la red ferroviaria.
- Incremento en la sensibilidad social hacia ciertos temas: transporte sostenible, seguridad, contaminación (niveles de ruido y vibraciones).
- Imagen social favorable del ferrocarril respecto a otros modos de transporte (carretera, avión).
- Buena recepción y demanda social sostenida de nuevos servicios ferroviarios basados en avances tecnológicos.
- Envejecimiento de la población.



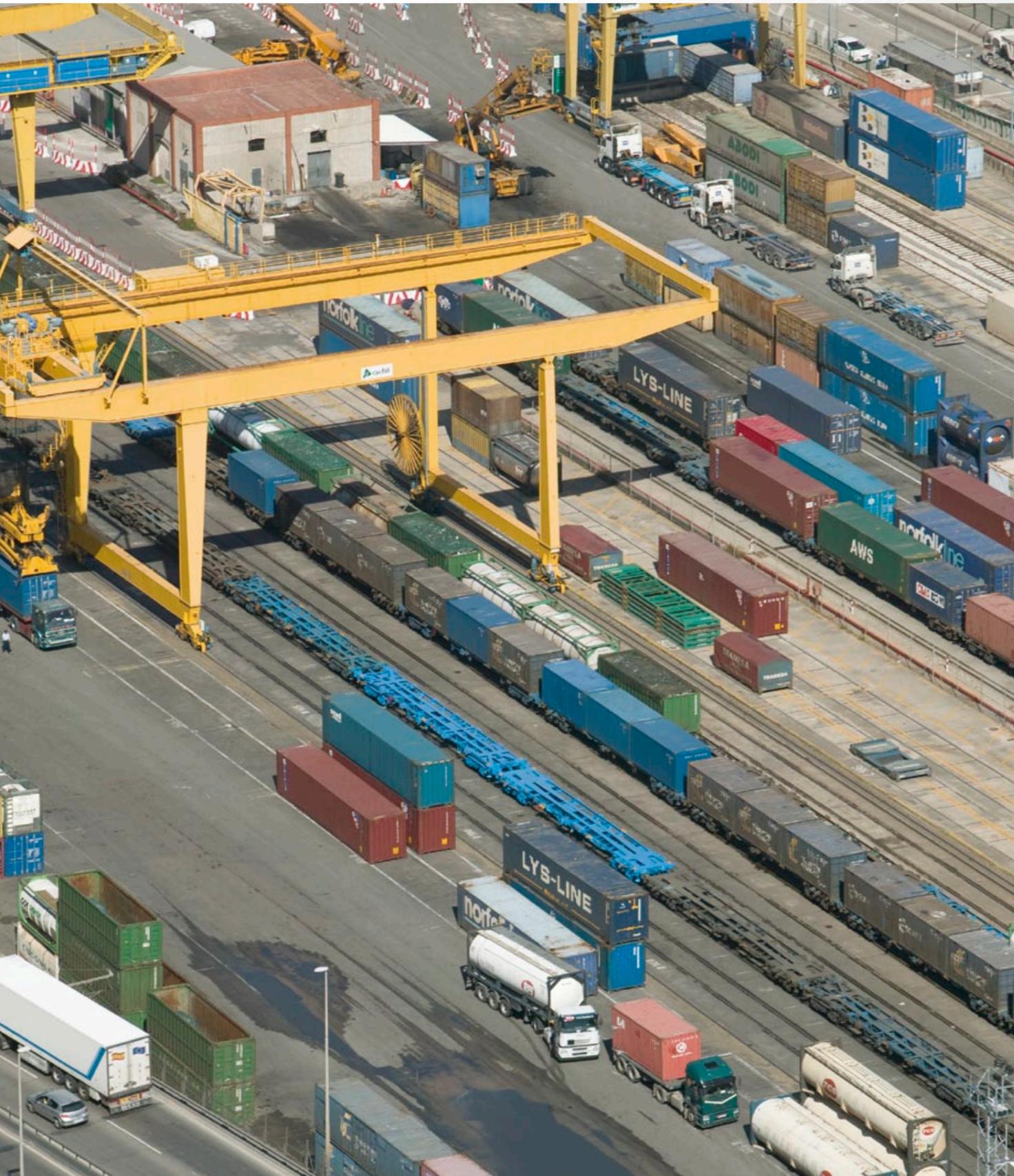
Anexo 2: Organización de la PTFE

8.1 Asamblea

Máximo órgano colegiado formado por las entidades públicas o privadas, adheridas a la Plataforma y cuya función es orientar y decidir la actuación de la PTFE.

Empresas

1. AAC CENTRO ACÚSTICA APLICADA, S.A.
2. ACCENTURE, S.L.
3. ABGAM - GRUPO SEGULA TECHNOLOGIES
4. ACCIONA INFRAESTRUCTURAS
5. APPLUS
6. ACORDE TECHNOLOGIES, S.A.
7. ACT SISTEMAS S,L.
8. ACTIA VIDEO BUS
9. ACÚSTICA Y TELECOMUNICACIONES, ACUSTTEL
10. AEPO, S.A. INGENIEROS CONSULTORES
11. AFTRAV
12. AIRTREN, S.L.
13. ALCATEL ESPAÑA, DIVISIÓN AUTOMATIZACIÓN DEL TRANSPORTE
14. ALMA CONSULTING GROUP
15. ALSTOM
16. ALTRAN TECHNOLOGIES
17. AMETISIS
18. ANÁLISIS-DSC
19. ANDALUZA DE TRAVIESAS
20. ANSALDO
21. APLES
22. ARDANUY INGENIERÍA, S.A.



- | | |
|--|---|
| 23. ARTEIXO TELECOM | 52. ECAEF |
| 24. ATENEA, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE, S.A. | 53. ECOPÁS |
| 25. ATOS ORIGIN | 54. ELECTREN, S.A. |
| 26. AUDITORÍAS E INGENIERÍAS, S.A. | 55. ELECTRONIC TRAFIC, S.A. |
| 27. AUXITEC | 56. ELIOP |
| 28. AXIA INGENIERIA | 57. ELPO ELECTRIC, S.A. |
| 29. AYESA | 58. EMFESA |
| 30. BOMBARDIER TRANSPORTATION | 59. EMTE SISTEMAS S.A.U. |
| 31. CADTECH IBERICA | 60. ENCLAVAMIENTOS Y SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA ENYSE, S.A. |
| 32. CARTTOP PROYECTOS S.A. | 61. ENERTIKA |
| 33. CEMOSA | 62. EQUIMODAL |
| 34. CETREN | 63. ETT PROYECTOS, S.L. |
| 35. CLUSTER TIL-ITS EUSKADI | 64. EUROCONSULT INGENIEROS CONSULTORES Y CONTROL DE CALIDAD |
| 36. COMPOSITES ARAGÓN, S.L. | 65. EUROESTUDIOS, S.L. |
| 37. COMSA, S.A. | 66. EUROPEAN SOFTWARE INSTITUTE |
| 38. CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES, S.A. CAF | 67. EVERIS |
| 39. CRESPO Y BLANCO S.A.U. | 68. EVREN (EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES, S.A.) |
| 40. CSEE TRANSPORT, S.A. (GRUPO ANSALDO SIGNAL N.V.) | 69. EXCELTIC, S.L. |
| 41. CT INGENIEROS | 70. EXTRACO (CONSTRUCCIONES Y PROYECTOS, S.A.) |
| 42. CTM CENTRE TECNOLOGICO | 71. EYSER, ESTUDIOS Y PROYECTOS |
| 43. CUADROS ELÉCTRICOS NAZARENOS, S.L. | 72. F.INICIATIVAS I+D+i, S.L. |
| 44. DANOBAT, Sociedad Cooperativa | 73. FCC CONSTRUCCIÓN |
| 45. DASEL | 74. FENIT RAIL |
| 46. DEIMOS SPACE, S.L. | 75. FERROVIAL AGROMÁN |
| 47. DETEA | 76. FORN VALLS |
| 48. DIMETRONIC SIGNALS | 77. FUNDOSA ACCESIBILIDAD, S.A. |
| 49. DELOITTE | 78. GADEA HERMANOS |
| 50. DOMINION | 79. GEOCONTROL, s.a. |
| 51. DORSALVE, S.L. | 80. GEOTECNIA Y CIMENTOS |

- 81. GETINSA
- 82. GMV
- 83. GOAL SYSTEMS, S.L.
- 84. GOMAVIAL SOLUTIONS, S.L.
- 85. GPO INGENIERÍA, S.A.
- 86. GRUPO ANTOLIN
- 87. GRUPO EUROGESTION SOFTWARE S.L.
- 88. GRUPO ESLAMEX, S.A.
- 89. GRUPO OHL OBRASCÓN HUARTE LAÍN
- 90. GRUPO SACYR Y VALLEHERMOSO
- 91. GRUPO SAN JOSÉ, OBRA CIVIL
- 92. GRUPO COPROSA
- 93. GRUPO TECOPY CARTERA EMPRESARIAL
- 94. GRUPO TTT
- 95. HIFER, CONSTRUCCIÓN CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO
- 96. ICER BRAKES, S.A.
- 97. ICOM MULTIMEDIA, S.L.
- 98. IDEKO IK4
- 99. IDOM, S.A.
- 100. IIC INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL S.A.
- 101. IKERLAN
- 102. IKUSI
- 103. INDRA
- 104. INECO-TIFSA
- 105. INNESCO INGENIEROS, S.A.
- 106. INFOGLOBAL, S.A.
- 107. INGENIERÍA DE VÍAS ELÁSTICAS
- 108. INGENIERÍA Y TÉCNICA DEL TRANSPORTE
- 109. INGENIERÍA PARA EL CONTROL DEL RUIDO, S.L

- 110. INGETEAM
- 111. INHISSET BARCELONA, SL.
- 112. INNOVATE AND TRANSPORT ENGINEERING
- 113. INTEGRAL DESIGN
- 114. INTRAESA, INGENIERÍA DE TRAZADOS Y ESTRUCTURAS
- 115. INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD
- 116. INZAMAC ASISTENCIAS TECNICAS, S.A.
- 117. IRITEC INGENIERÍA
- 118. ISEND, S.A. (Ingeniería y Sistemas de Ensayos no Destructivos) ISIS INGENIERÍA
- 119. ITELNETCONSULTING
- 120. ITS ESPAÑA
- 121. ITF INGENIERÍA DE TÉCNICAS FERROVIARIAS, S.L.
- 122. JEMA, S.A.
- 123. KRAFFT, S.L.
- 124. KV CONSULTORES
- 125. LANDER SIMULATION&TRAINING
- 126. LEADING ENTERPRISES GROUP
- 127. LOGÍSTICA Y TELECOMUNICACIÓN, S.L.
- 128. LOGIDIGAL A.I.E.
- 129. MANTENIMIENTO DE ESTACIONES S.L.
- 130. MASATS
- 131. MATHLAN MATEMÁTICA, S.A.
- 132. MAYSER, S.A.
- 133. MERAK, S.A.
- 134. MERCURY RTD
- 135. MÉTRICA INGENIERÍA
- 136. MISTURAS, OBRAS E PROXECTOS, S.A.
- 137. MGN, TRANSFORMACIONES DEL CAUCHO S.A.
- 138. MOVITRADE PENINSULAR, S.L.

- | | |
|---|---|
| 139. MP. PRODUCTIVIDAD, S.A. | 168. SETELSA |
| 140. NEM SOLUTIONS | 169. SICE |
| 141. NERTUS MANTENIMIENTO FERROVIARIO, S.A. | 170. SIEMENS ESPAÑA |
| 142. NEW INFRARED TECHNOLOGIES | 171. SILVER SOFTWARE CONSULTANTS |
| 143. OMNILOGIC TELECOMUNICACIONES, S.A. | 172. SYNER PLUS |
| 144. OPTELECOM-NKF, S.L. | 173. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FRENOS KNORR-BREMSE |
| 145. PAGE IBÉRICA | 174. SPIM |
| 146. PATENTES TALGO, S.A. | 175. SQS |
| 147. PAYMACOTAS, S.A. | 176. STI-GLOBAL |
| 148. PERFECTA TECHNOLOGIES SRL | 177. TAFESA, S.A. |
| 149. PHOENIX CONTACT, S.A. | 178. TALLERES ALEGRÍA, S.A. |
| 150. PILZ INDUSTRIELEKTRONIK, S.L. | 179. TECNORAIL CONSULTING, S.L. |
| 151. PLANYTEC | 180. TECNOTIMES |
| 152. PRAINSA | 181. TECNOBIT |
| 153. PRECONSA PREFABRICACIONES Y CONTRATAS | 182. TECNOVA INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A. |
| 154. PROAKIS, S.A.U. | 183. TECSA |
| 155. PROES CONSULTORES, S.A. | 184. TELEFÓNICA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO |
| 156. PROINTEC, S.A. | 185. TELICE |
| 157. PROMAUT | 186. TELVENT, TRÁFICO Y TRANSPORTE, S.A. |
| 158. RAILGRUP | 187. TEKIA INGENIEROS, S.A. |
| 159. ROSE VISION, S.L. | 188. THALES |
| 160. ROXTEC SISTEMAS PASAMUROS | 189. TIFSA |
| 161. REVENGA INGENIEROS | 190. TORYTRANS, S.L. |
| 162. SACYR VALLEHERMOSO | 191. TRAITIC, S.L. |
| 163. SAFIB INGENIEROS, S.L. | 192. TREELOGIC |
| 164. SAITEC, S.A. | 193. TRN INGENIERÍA |
| 165. SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A. | 194. TYPESA, TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A |
| 166. SELF-RAIL IBERICA | 195. ULTRASEN |
| 167. SEPSA SCI | 196. UMANA INNOVA, S.L. |

- 197. VÍAS Y CONSTRUCCIONES
- 198. VIBRACHOC-PAULSTRA
- 199. VICOMTech-IK4
- 200. VODAFONE ESPAÑA
- 201. VOITH TURBO
- 202. VORSEVI, S.A.
- 203. VOSSLOCH ESPAÑA
- 204. ZALAIN TRANSFORMADOS

Operadores y Administradores Ferroviarios

- 205. ADIF
- 206. CONTINENTALRAIL, S.A.
- 207. ESKAL TRENBIDE SAREA
- 208. EUROCARGO RAIL
- 209. EUSKOTRENBIDEAK
- 210. FERROCARRIL METROPOLITÀ DE BARCELONA, S.A.
- 211. FERROCARRILES ANDALUCES
- 212. FERROCARRILES DEL SUROESTE, S.A.
- 213. FERROCARRILS DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA. FGC
- 214. FERROCARRILS DE LA GENERALITAT VALENCIANA
- 215. FEVE
- 216. METRO DE MADRID
- 217. RENFE OPERADORA
- 218. SERVEIS FERROVIARIS DE MALLORCA
- 219. TMB
- 220. TRANSFESA

Administraciones Públicas

- 221. CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL (CDTI)-MICINN
- 222. GENERALITAT VALENCIANA
- 223. GENERALITAT DE CATALUÑA
- 224. GOBIERNO DE CANARIAS
- 225. GOBIERNO DE NAVARRA
- 226. MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
- 227. MINISTERIO DE FOMENTO
- 228. PAÍS VASCO
- 229. PRINCIPADO DE ASTURIAS

Universidades

- 230. UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
- 231. UNIVERSIDAD ANTONIO DE NEBRIJA
- 232. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
- 233. UNIVERSIDAD DA CORUÑA
- 234. UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
- 235. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. Grupo GIDAI (Seguridad contra incendios, investigación y tecnología)
- 236. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. Grupo LADICIM
- 237. UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
- 238. UNIVERSIDAD DE GRANADA
- 239. UNIVERSIDAD DE LEÓN
- 240. UNIVERSIDAD DE LLEIDA
- 241. UNIVERSIDAD DE SEVILLA
- 242. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Grupo GITEL (Ingeniería del transporte y logística)
- 243. UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO
- 244. ETSI INDUSTRIALES DE BILBAO
- 245. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
- 246. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Grupo BABEL

- 247. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Centro de apoyo a la innovación, la investigación y la transferencia de tecnología.
- 248. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial
- 249. ETSI INDUSTRIALES U.P.V.
- 250. UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS DE MADRID
- 251. UNIVERSIDAD SAN PABLO CEU
- 252. UNIVERSITAT DE VALENCIA INTRAS (Instituto universitario de tráfico y seguridad vial) Grupo INFORCE (Investigación y formación en seguridad vial, ferrocarril y ergonomía)
- 253. UNIVERSIDAD DE VIGO

Centros de Investigación y Centros Tecnológicos

- 254. AIN-ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA DE NAVARRA
- 255. CALPE INSTITUTE OF TECHNOLOGY
- 256. CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES TÉCNICAS DE GUIPÚZCOA (CEIT)
- 257. CENTRO DE INNOVACIÓN DEL TRANSPORTE (CENIT)
- 258. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS (FIDAMC)
- 259. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGÍA DE VEHÍCULOS (CITV)
- 260. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA FERROVIARIA (CITEF)
- 261. CENTRO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA (CIDEMCO)
- 262. CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA LA TECNOLOGÍA (CIDI)
- 263. CENTRO TECNOLÓGICO AUTOMOCIÓN DE GALICIA (CTAG)
- 264. CENTRO TECNOLÓGICO AUTOMOCIÓN DE NAVARRA (CITEAN)
- 265. CENTRO TECNOLÓGICO AIMEN
- 266. CIEMAT
- 267. CTM CENTRE TECNOLÒGIC
- 268. ESM-INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD Y FACTORES HUMANOS
- 269. FUNDACIÓN ASCAMM- CENTRO TECNOLÓGICO
- 270. FUNDACIÓN CARTIF
- 271. FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN EN TRANSPORTE Y ENERGÍA (CIDAUT)

- 272. IKERLAN
- 273. INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN "EDUARDO TORROJA"
- 274. INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA
- 275. INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.
- 276. INSTITUTO DE GEOMÁTICA
- 277. INSTITUTO DE MAGNETISMO APLICADO
- 278. INSTITUTO DE TRANSPORTES Y TERRITORIO
- 279. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN
- 280. INSTITUTO UNIVERSITARIO CMT- MOTORES TÉRMICOS
- 281. TECNALIA CORPORACIÓN TECNOLÓGICA
- 282. TECNOLÓGICO FUNDACIÓN DEUSTO

Asociaciones y Otros

- 283. ASOCIACIÓN CLUSTER DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA DEL PAÍS VASCO
- 284. ASOCIACIÓN EUROPEA DE FERROVIARIOS. SECCIÓN ESPAÑOLA
- 285. ASOCIACIÓN PROPIETARIOS OPERADORES VAGONES
- 286. ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE GALVANIZACIÓN
- 287. ASTIC-UOTC (UNIÓN OPERADORES TRANSPORTE COMBINADO)
- 288. COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS
- 289. CONFEDERACIÓN NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN
- 290. FUNDACIÓN CAMINOS DE HIERRO
- 291. FUNDACIÓN DE ESTUDIOS DE ECONOMÍA APLICADA (FEDEA)
- 292. FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES
- 293. FUNDACIÓN INFOGLOBAL
- 294. FUNDACIÓN IKERTIA
- 295. FUNDACIÓN LEADING INNOVA (CT INNOVA)
- 296. FUNDACIÓN VALENCIAPORT
- 297. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ENER´GIA
- 298. MAFEX – Asociación Española de Fabricantes Exportadores de Material, Equipos y Servicios Ferroviarios
- 299. REDITA (Red Tecnológica de Automoción de la Comunidad Valenciana)

8.2 Comité Ejecutivo

Constituido el 31 de mayo de 2007 para propiciar la asunción de mayor protagonismo por parte de la industria. Está formado por los siguientes organismos públicos de tutela, empresas y entidades líderes en el Sector Ferroviario:

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN	M ^a Luisa Castaño / Pedro Prado
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN-CDTI	Eva Martínez / Javier Romero / Jesús Monclús
MINISTERIO DE FOMENTO	Carlos Juárez / Benito Bermejo / Ángel Cabo
ADIF	Antonio Berrios / Miguel Ríos
CAF	Luis Terradillos
CETREN	Javier Villén / Marta Carvajal
CIDAUT	Alberto Montes
CITEF - UPM	Juan de Dios Sanz
COMSA	Jaime Mulet
ESM	Baltasar Gil
FGC	Enric Ticó
GRUPO OHL	Manuel Villén
INECO TIFSA	Álvaro Urech
INTRAS - UV	Francisco Toledo
METRO DE MADRID	Luis Pérez
PATENTES TALGO	Emilio García
FUNDACIÓN CAMINOS DE HIERRO	Eduardo Romo
RAILGRUP	Pere Calvet
RENFE OPERADORA	Francesc Romeu / Victoria Díaz

8.3 Secretaría Técnica

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

Juan Manuel Jiménez

Ángeles Táuler

M^a del Mar Sacristán

8.4 Grupos de Trabajo y Coordinadores

Generales ó Transversales

1. Homologación, Certificación y Directivas
Coordinador: Javier Villén, CETREN
2. Percepción Social, Difusión y Formación
Coordinador: Francesc X. Balagué, FGC
3. Representantes y Relaciones Externas
Coordinador: Joaquín Jiménez, ADIF

Temáticos

4. Explotación de la Infraestructura y Operación de Trenes
Coordinador: Luis Pérez, METRO DE MADRID
5. Interoperabilidad y ERTMS
Coordinador: Jorge Iglesias, ADIF
6. Material Móvil para Transporte Metropolitano. Factores Humanos y Ergonomía
Coordinadora: Ana María Moreno, CAF
7. Material Rodante y Mantenimiento
Coordinador: Alberto Montes, CIDAUT
Coordinador: Emilio García, PATENTES TALGO
Coordinador: José Antonio Jiménez, RENFE OPERADORA
8. Plataforma, Superestructura, Vía e Instalaciones
Coordinador: Eduardo Romo, FUNDACIÓN CAMINOS DE HIERRO
Coordinador: Santiago Soriano, RAILGRUP

9. Política, Planificación, Economía y Energía y Sostenibilidad
Coordinadora: Ainhoa Zubieta, INECO-TIFSA
10. Seguridad del Sistema Ferroviario
Coordinadora: Pilar Calvo, ESM
Coordinador: Francisco Toledo, INTRAS, Universidad de Valencia
11. Transporte de Mercancías por Ferrocarril
Coordinador: Juan de Dios Sanz, CITEF, Universidad Politécnica de Madrid

Miguel Ángel Sanz, UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
 Paloma Cucala, INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA, UPC
 Ramón Vázquez, AUDINGINTRAESA
 Ricardo García, ALSTOM
 Ruth Hernández, ESM-INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD Y FACTORES HUMANOS
 Sergio García, TREELOGIC
 Vincent Marant, ACUSTTEL

Además de los coordinadores, impulsores y conductores del trabajo realizado, han destacado por su especial dedicación en los grupos de trabajo en esta Revisión de la Agenda Estratégica de Investigación:

Alberto Conde, NEMSOLUTIONS

Alfred Pallardo, ATM

Ana Nieto, EVREN

Ángel Lagraña, ASCAMM

Antonio de Santiago, METRO DE MADRID

Antonio Fernández, INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA, UPC

Daniel Alvear, GIDAI, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Emma Castelló, UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Ernesto García, Universidad del País Vasco

Izaskun Martínez, CENTRO TECNOLÓGICO CIDEMCO

Joan Matutano, PROMAUT

Joaquín Ximénez, INZAMAC ASISTENCIAS TÉCNICAS, S.A.

Jorge Garzón, CITEF

José Cañizares, ASOCIACIÓN EUROPEA DE FERROVIARIOS

José Luis de Castro, SIEMENS

José María Salamanca, MGN TRANSFORMACIONES DEL CAUCHO

Juan Manuel Martínez, GRUPO EUROGESTIÓN

María Marsilla, VOSSLOH

Marta Sánchez, CENIT

PTFE 



Financiado por:



RET-370000-2009-12



Secretaría Técnica:



www.ptferroviaria.es