

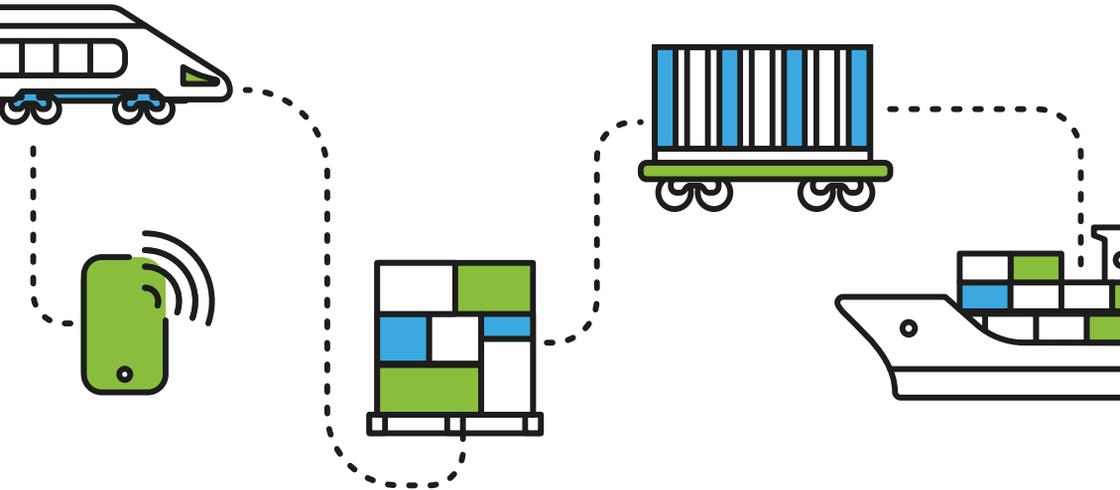


04

Tendencias de ecoinovación

Movilidad ferroviaria

*El ferrocarril del futuro, eficiencia y
mitigación del cambio climático*



Informe de tendencias de ecoinnovación en la movilidad ferroviaria

Realizado por:

Secretaría Técnica del Laboratorio de Ecoinnovación (inèdit)

Gracias a la colaboración de:



Atribuciones:

Los derechos de este documento son propiedad de la Fundación Fórum Ambiental y de la Fundación La Caixa. Se da permiso para reproducir total o parcialmente el documento siempre que se cite el origen.

Agradecimiento especial a la mesa consultiva formada por:

Albert Tortajada (FGC)
Eladio de Miguel (TMB)
Ignasi Gómez-Belinchón (Railgrup)
Alberto Piñero (Alstom)

www.laboratorioecoinnovacion.com

info@laboratorioecoinnovacion.com

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Sobre este informe
2. El sector en cifras
3. El sistema de movilidad ferroviaria
4. El impacto ambiental del sector
5. Fuerzas de cambio
 - Principales retos
6. Tendencias

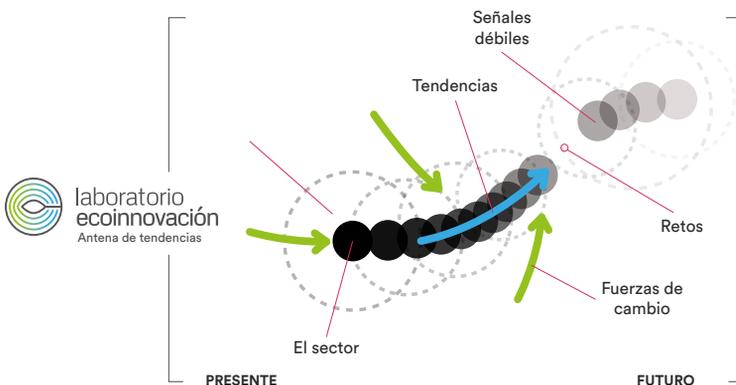
0. Sobre este informe

Objetivo

El presente informe tiene como objetivo mostrar las últimas tendencias en materia de ecoinnovación en movilidad ferroviaria así como el conjunto de fuerzas de cambio y retos que se plantean para la consecución de un sector más competitivo en el futuro.

Metodología

Para identificar estas tendencias se ha partido de un estudio del sector y su entorno. Este análisis lleva a caracterizar una serie de fuerzas de cambio que ejercerán influencia sobre el sector. Una vez identificadas, es posible dibujar tendencias que ayudarán al sector a abordar los retos y aprovechar las oportunidades que se presentan.



1. El sector en cifras

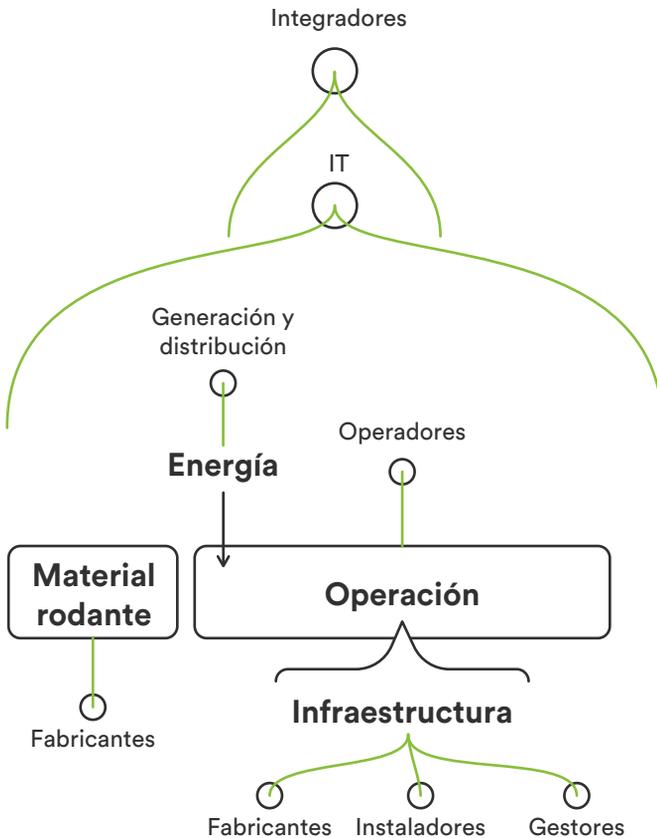
El sector ferroviario español, constituido por empresas que acumulan centenares de años de experiencia y desarrollo tecnológico, supone una **referencia a nivel internacional**. España cuenta en la actualidad con una red ferroviaria de más de 15.200 kilómetros perteneciendo 2.322 kilómetros a la red de Líneas de Alta Velocidad en ancho UIC (LAV). La red de alta velocidad española es líder en Europa y la tercera mayor a nivel mundial. Adicionalmente la red ferroviaria española es un referente a nivel europeo, siendo con mayor grado de implantación del sistema europeo de señalización ERTMS nivel 2.

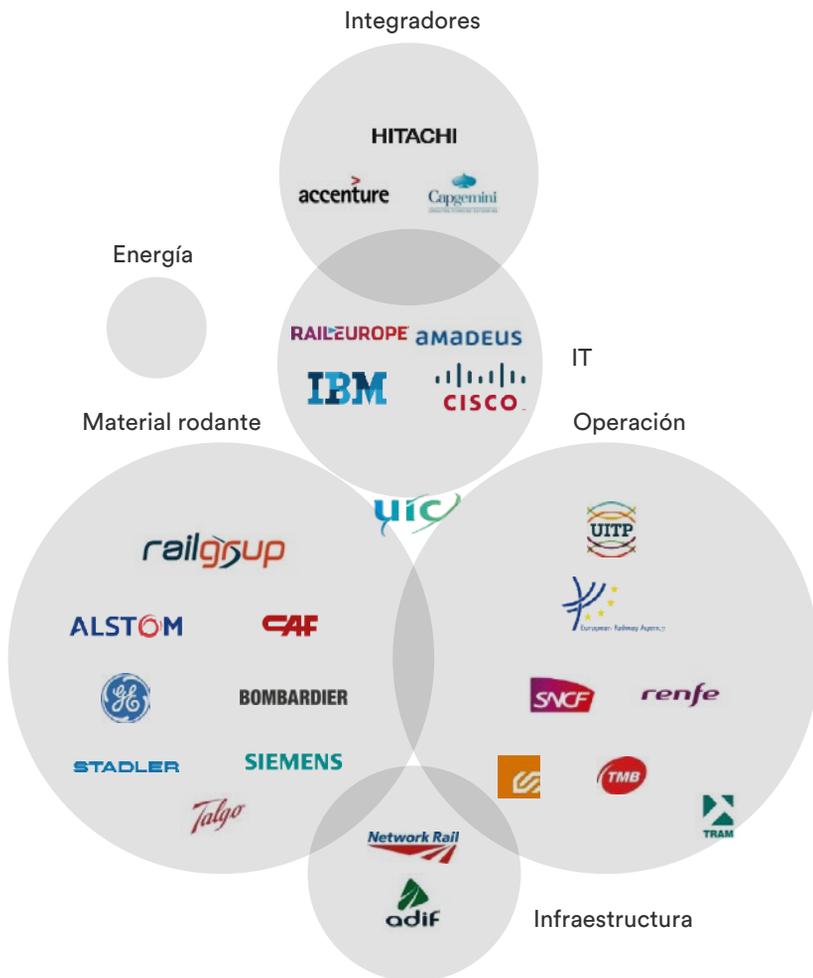
Las empresas del sector ferroviario presentan un **alto grado de internacionalización** en las que el mercado europeo supone una importante cuota. La industria ferroviaria exporta a 80 países del mundo con más de 225 delegaciones. Más del 50% de las exportaciones de las PYMEs españolas tienen como destino países de la Unión Europea, uno de los **mercados ferroviarios más exigentes del mundo**. Por ello el sector ha apostado por una especialización en soluciones con los mayores compromisos de seguridad, calidad y sostenibilidad lo que les posiciona de forma preferente para competir con potencias productivas más competitivas en precio.

Actualmente la red de metro mundial acoge más de 100 millones de viajeros al día y las previsiones auguran que, para el 2050, el 70% de la población mundial vivirá en ciudades, muchas de las cuales tendrán una población superior a los 10 millones de habitantes. El sector ferroviario ha comenzado a establecer su estrategia para abordar los retos que implican poder ofrecer una **movilidad sostenible a una población creciente**.

2. El sistema ferroviario

El sector de movilidad ferroviaria está compuesto por un número elevado de agentes que interactúan para ofrecer un servicio fiable, seguro y de calidad al cliente. De forma resumida se puede sintetizar mediante el siguiente esquema:





En un **primer nivel** encontramos al conjunto de agentes relacionados con la **fabricación de material rodante ferroviario**. Estos agentes son los **encargados de proveer a las operadoras** de trenes a fin de cubrir la demanda de movilidad.

Para que estos trenes puedan operar, se requiere de una **infraestructura y de un suministro energético**. Así pues toman un papel relevante aquellos agentes dedicados a la construcción y gestión de las infraestructuras necesarias para la operación del ferrocarril así como los **agentes generadores y distribuidores de energía**.

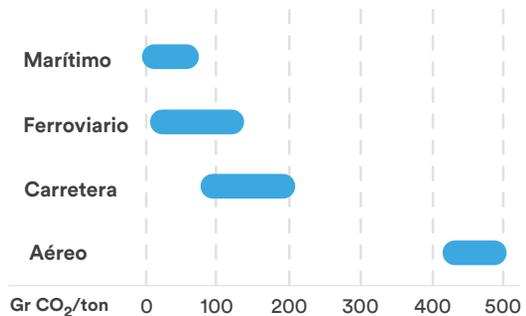
A lo largo de los últimos años han surgido figuras como la de los **integradores** que han ido tomando un papel más relevante gestionando de forma integral los proyectos ferroviarios.

Con el auge de las telecomunicaciones, la necesidad de gestionar grandes volúmenes de datos y de situarse cerca del cliente, las **compañías de la comunicación y la información** han ido tomando un rol cada vez más central.

3. El impacto ambiental del sector

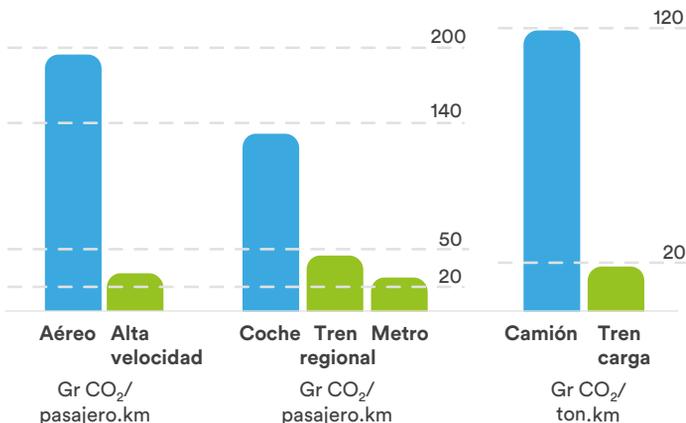
A fin de contextualizar el **desempeño ambiental del sector**, a continuación se presenta un análisis del impacto ambiental del sector en su conjunto, del material rodante ferroviario y de las infraestructuras.

Valorando las emisiones en operación, el transporte ferroviario se sitúa como el **transporte terrestre más eficiente** pudiendo incluso competir con el transporte marítimo en cuanto a emisiones de CO₂ por tonelada transportada.



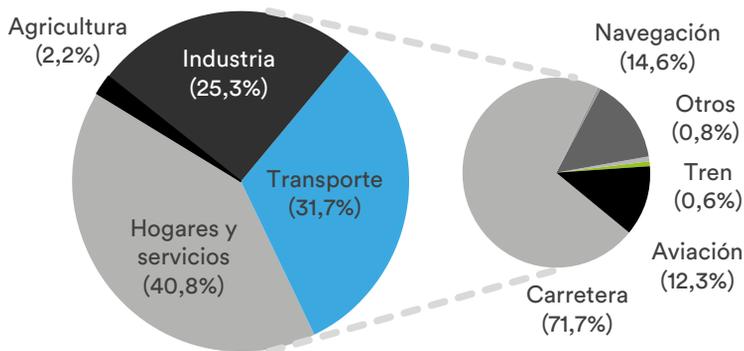
Emisiones por km según medio de transporte. Elaboración propia a partir de datos de la Comisión Europea (2012).

El gráfico inferior ahonda más sobre las tasas de emisión de diferentes transportes por kilómetro, tonelada y pasajero.



Emisiones de CO₂ comparativas entre modos. Elaboración propia a partir de datos de Environdec.

Además de ser uno de los medios más eficientes, en términos globales el sector ferroviario es responsable de una pequeña parte de las emisiones globales de CO₂. La movilidad ferroviaria supone menos de un 1% de las emisiones totales del transporte en Europa.



Porcentaje de emisiones por sector y medio. CE, EU transport in figures (2012).

Además de suponer **la mejor alternativa de transporte terrestre a nivel ambiental**, el sector ferroviario europeo ha adoptado profundos compromisos de mejora ambiental. En 2010, con el objetivo de extender su apuesta, el sector diseñó una hoja de ruta que incluía los objetivos presentados en la siguiente página.

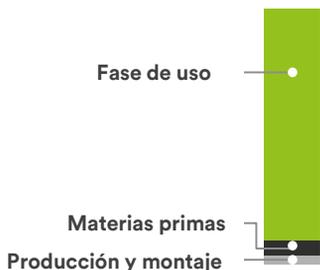
1. Una **reducción del 50%** de las emisiones de CO₂ frente a los valores medio de 1990 para 2030.
2. En 2030 **no superar**, en valores absolutos y pese al crecimiento del sector, las emisiones totales de CO₂ de 1990 provenientes del sector.
3. Un sector **neutral en carbono** para 2050.

El impacto ambiental de los trenes

A fin de analizar el impacto ambiental del material rodante ferroviario se ha llevado a cabo un análisis bajo perspectiva de ciclo de vida, es decir, teniendo en cuenta todas las etapas por las que pasan estos productos desde la extracción de las materias primas que los componen hasta su fin de vida.



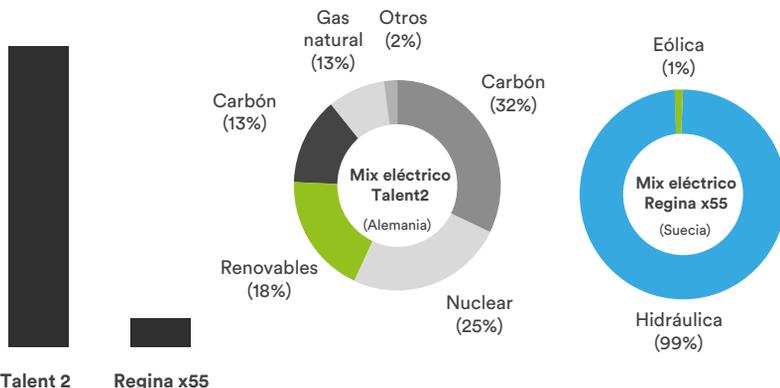
Este análisis permite observar como **la mayor parte del impacto ambiental** de un tren tiene lugar en su fase de uso, la que se prolonga a lo largo de muchos años y durante la cual se consume energía.



La movilidad ferroviaria ha experimentado un profundo proceso de electrificación, lo que ha contribuido a la reducción del impacto global del sector.

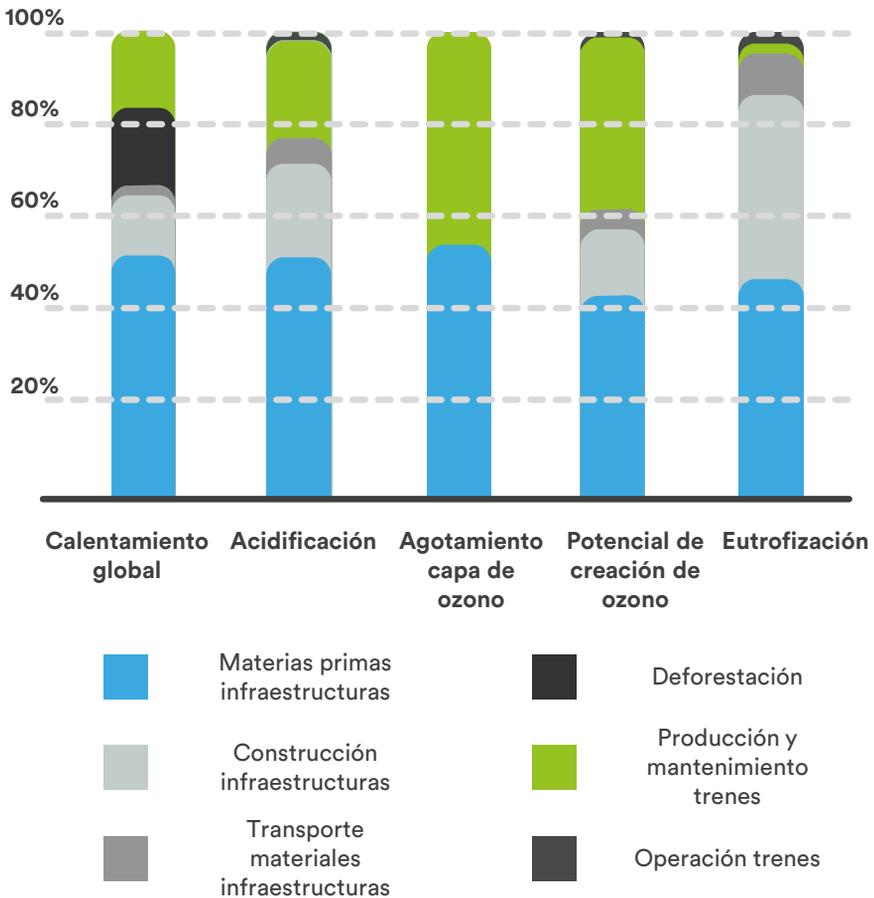
Potencial de cambio climático medio de un tren. *Environdec.*

El **mix de generación eléctrica** de cada país condiciona ampliamente el impacto final de los trenes. Aquellos que operan con energía eléctrica de origen renovable presentan un perfil de impacto mucho más bajo.



Potencial de cambio climático medio de un tren y mix eléctrico de los respectivos países. *Environdec.*

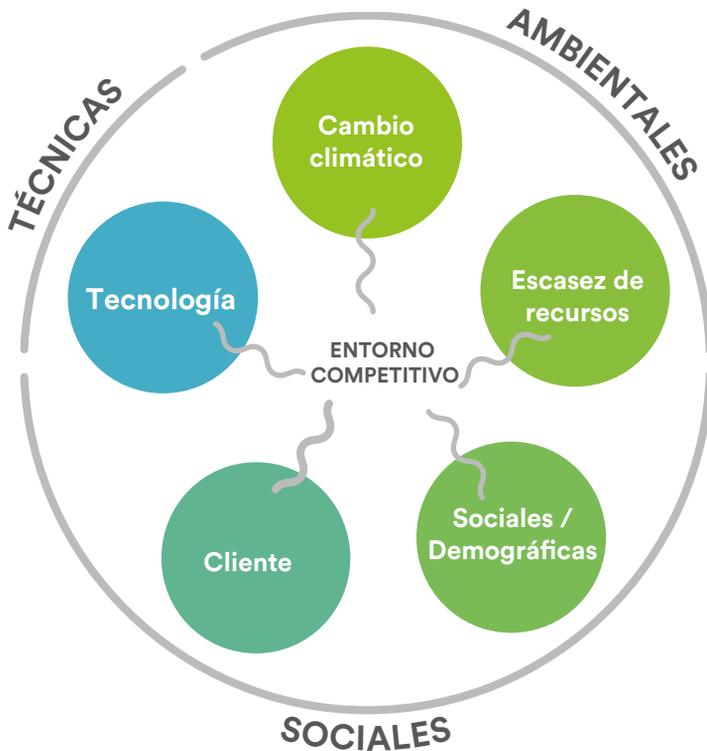
En el caso de trenes que consumen energía eléctrica de origen renovable y contemplando el conjunto del sistema ferroviario a lo largo de su ciclo de vida, podemos observar como las materias primas dedicadas a la infraestructura y la producción y el montaje de trenes suponen los elementos de mayor impacto.



Porcentaje de impacto por fase y categoría. Environdec.

4. Fuerzas de cambio

Caracterizados el sector y su entorno, a continuación se analizan el conjunto de fuerzas de cambio externas que están modificando el *status quo* del sector. Estas se sintetizan en el gráfico inferior.



Fuerza de cambio que condicionarán el futuro del sector ferroviario.

Cambio climático y calidad del aire

El calentamiento paulatino de la atmósfera causada por las emisiones de gases de efecto invernadero están acelerando un cambio climático que tendrá importantes consecuencias para la vida en la tierra. Aquellas actividades económicas que dependen en gran medida de **infraestructura expuesta a los fenómenos meteorológicos**, como la movilidad ferroviaria, deberán asegurar su **resiliencia** y reducir el impacto de su actividad. Las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno propias de los trenes diésel generan complicaciones sobre la salud de las personas. En un contexto de urbanización masiva el sector deberá abordar el **reto de la calidad del aire**.

> Resiliencia de la infraestructura ferroviaria

> Papel de la movilidad ferroviaria en un desarrollo sostenible

> Endurecimiento legislativo y mecanismos fiscales

Escasez de recursos

El modelo industrial de producción actual se encuentra fuertemente ligado al consumo de recursos y materias primas que son finitas. La volatilidad de sus precios y la perspectiva de agotamiento introducen un **nivel de riesgo** en las empresas que deberá ser abordado a fin de ser más competitivas. El uso de nuevos materiales más ligeros y la desmaterialización colaborarán profundamente en lograr un sector más eficiente energéticamente.

> Industria ferroviaria y Economía Circular

> Combustibles y energías alternativas

> Ecoinnovación en producto

> Eficiencia energética y nuevos materiales más ligeros

Sociales / demográficas

La evolución socio-económica y demográfica implicará profundos cambios en el sector. El crecimiento poblacional y la urbanización se harán aún más patentes implicando importantes retos para el suministro de agua, energía y alimentos. La pirámide poblacional de los países del norte continuará con su inversión mientras los países en desarrollo incrementarán su capacidad de compra suponiendo un importante **nicho de mercado**.

- > Urbanización (*megacities*)
- > Nuevos clientes y diversidad cultural
- > Envejecimiento poblacional y accesibilidad
- > Acceso universal

Mercado

La liberalización del mercado europeo, por un lado, y el desarrollo de las economías emergentes y su implantación ferroviaria están **cambiando las reglas de juego** del sector. Europa constituye uno de los mercados con mayores requerimientos ambientales y de salud en materia ferroviaria. Una industria punta de lanza posiciona a las empresas europeas de forma privilegiada frente a competidores con menor nivel de desempeño ambiental.

- > Desarrollo ferroviario paneuropeo
- > Maximizar aprovechamiento de las infraestructuras existentes en Europa
- > Desarrollo mercados asiáticos y africanos

Ciente

El sector ferroviario tiene en sus manos una de las claves para el desarrollo sostenible. A fin de escalar este impacto el sector deberá asegurar una adopción masiva de la movilidad ferroviaria. El cliente del futuro exigirá **experiencias de transporte más disfrutables** e impecables. A fin de adaptarse a estas nuevas demandas, las empresas deberán abordar un enfoque de innovación más centrada en el cliente (*User Centered Innovation*).

- > Multimodalidad
- > Conectividad e *infotainment*
- > *Ticketing* y procesos de pago
- > Nuevos clientes: *millenials*
- > Experiencias de trayecto puerta a puerta
- > Gestión de datos para ofrecer información en tránsito al cliente final

Tecnología

La disrupción tecnológica que hemos experimentado en las últimas décadas está transformando industrias completas y la forma en las que estas se relacionan con clientes y proveedores.

- > Internet de las Cosas (IoT) y *Big Data* en el sector
- > Nuevos sistemas de propulsión
- > Interoperabilidad y *ticketing*
- > Materiales y tecnología
- > Automatización
- > Control de seguridad y salubridad

Las tendencias analizadas anteriormente se traducen en **tres grandes retos** que el sector deberá ser capaz de abordar par asegurar su supervivencia.

RETO 1 **El rol de la movilidad ferroviaria en el desarrollo sostenible**

Tal y como fue motor para la industrialización en el S.XIX, el transporte ferroviario supondrá un elemento clave para el desarrollo sostenible. El posicionamiento sectorial deberá asegurar una diferenciación en materia de sostenibilidad que le permita mantener su liderazgo frente a otros medios como el aéreo o el transporte por carretera. Todo ello deberá servir para alcanzar una transición paulatina hacia una economía más basada en el transporte ferroviario.

RETO 2 **Digitalización, movilidad integrada y experiencia de usuario: Smart Mobility**

El auge de las tecnologías de la información va a transformar la forma en la que nos planteamos la movilidad. El sector se enfrenta al reto de adaptarse y encontrar su espacio. Esto deberá llevarse a cabo bajo una perspectiva que ponga a los usuarios en el centro de los procesos, permitiendo atraer más clientes, ofrecer las mejores experiencias de movilidad y diferenciarse de otras modalidades de transporte.

RETO 3 **Desarrollo de trenes e infraestructuras más sostenibles**

Para asegurar su rol como palanca para un desarrollo más sostenible y para no perder ventaja competitiva frente las alternativas, el sector deberá avanzar hacia infraestructuras y material rodante más sostenible desde su diseño. Para ello será clave el desarrollo tecnológico de sistemas de impulsión y operación y de nuevos materiales técnicos que permitan desmaterializar el sector.

5. Tendencias

1
Transición
modal

3
Eficiencia
energética

5
Multimodalidad

2
Ecoinnovación
en producto

4
Infraestructuras
sostenibles

6
Nuevos
modelos de
negocio



1 Transición modal

La movilidad ferroviaria puede suponer una palanca de cambio en la transición hacia un desarrollo más sostenible. Para alcanzar este potencial deberá convertirse en una alternativa más competitiva para el transporte de carga y personas. Para ello será clave la diferenciación a través del **ofrecimiento de mejores experiencias de trayecto puerta a puerta** y un **posicionamiento en materia de costes ambientales, económicos y sociales**. A este nivel toma un rol importante el desarrollo de metodologías y herramientas que permitan analizar, mejorar y comunicar estos valores permitiendo acceder a un mayor mercado y sentar un posicionamiento sectorial. Como ya lo han hecho otros sectores el ferroviario podría utilizar su posicionamiento ambiental como un instrumento que permita ofrecer mejores experiencias y diferenciarlo de otros modos de transporte. Algunas de las herramientas y metodologías que pueden asistir al sector en esta tarea son: Análisis de costes a lo largo del ciclo de vida (*Life Cycle Costing*) y RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability, and Safety*). Análisis de Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment*), EPD (*Environmental Product Declaration*) y sistemas de *rating* ambiental sectoriales.

Un elemento esencial para la evolución del sector y el ofrecimiento de mejores experiencias será la de extender nuevas formas de gobernanza y gestión. Estas deberán abordar la colaboración a través de toda la red de valor generando ecosistemas de innovación participados por el conjunto de agentes del sector, clientes y usuarios incluidos.

La *cuantificación y comunicación de impactos ambientales, sociales y económicos* permitirá al sector *posicionarse en el mercado*

El sector deberá *innovar para ofrecer mejores experiencias de trayecto puerta a puerta a sus usuarios formalizando un valor diferencial frente al resto de modos de transporte*

Recursos útiles



IS Tool Sistema de evaluación (*rating*) del desempeño ambiental de las infraestructuras.

<http://isca.org.au>



Declaración ambiental de producto
Reglas de categoría de producto para el desarrollo de declaraciones ambientales de producto de material ferroviario rodante.

[Environdec](#)

Casos prácticos

INNOVACIÓN EN LA EXPERIENCIA DE USUARIO

Diseñando el futuro del ferrocarril: una mejor experiencia de usuario para acelerar la transición modal

La movilidad ferroviaria es la solución modal más rápida (un 12% más rápida que el avión en trayectos europeos entre centros de ciudades), con menor impacto ambiental (un 25% menos emisiones de CO₂ que el avión en el trayecto Londres-Glasgow) y más barata. Siendo tales los beneficios, ¿por qué el avión sigue dominando buena parte de los trayectos de corta y media distancia en Europa? La clave está en la experiencia de usuario. El sistema ferroviario actual se encuentra fuertemente desintegrado en el ámbito internacional y presenta muchos inconvenientes para el usuario lo que provoca que buena parte de ellos acaben decantándose por otras alternativas. Tomando este punto de partida y con la intención de configurar un futuro próspero para el sector, son muchas las organizaciones a nivel público y privado que están poniendo al usuario en el centro de sus procesos de innovación.

Desde el gobierno de Reino Unido con su iniciativa “*The Future of Rail*” hasta el esfuerzo de integradores y Sistemas de Distribución Globales (SDS), pasando por el desarrollo de nuevos sistemas tecnológicos y de confort por parte de los fabricantes, evidencian que el futuro del ferrocarril pasa por orquestar el conjunto de interacciones del cliente con los servicios ferroviarios para asegurar

la mejor experiencia posible. Algunas de las áreas en las que estos agentes están interviniendo son:

- Sistema de reservas y *ticketing*
- Intermodalidad europea
- Confort, conectividad y servicios abordo
- Diseño de servicios
- Estandarización europea para el flujo de información entre agentes
- Diseño de políticas centradas en usuario para promoción del tren
- Experiencia en los nodos y estaciones
- Diseño de interiores y acomodación universal

Todas estas intervenciones se enfocan hacia una remodelación del ecosistema ferroviario que permita escalar el impacto positivo de este modo de transporte en transición hacia su renacimiento.

Haga click a continuación si desea conocer como algunos agentes están avanzando hacia una mejor experiencia ferroviaria:



2

Ecoinnovación en producto

La integración de **criterios ambientales en el diseño de material rodante, infraestructura y sistemas** es una tendencia global evidenciada por el trabajo realizado por algunas de las empresas más relevantes del sector. La etapa de operación, siendo la que supone un mayor impacto ambiental en el ciclo de vida del material rodante, es la que más atención está obteniendo mediante el desarrollo de **nueva tecnología y nuevos materiales** que permitan una mayor **eficiencia energética**. A lo largo de los últimos años y con el auge de conceptos como la economía circular, son varias las empresas que han establecido estrategias de diseño que permitan, en primer lugar, **extender la vida útil de los trenes** (diseño para la durabilidad) y, una vez alcanzado su fin de vida, **valorizar buena parte de sus materiales y componentes**. En la carrera hacia la eficiencia toma un rol central el **aligeramiento de las estructuras** que componen el material rodante. Por ello, son muchos los agentes que están trabajando en el desarrollo y uso de materiales alternativos que permitan un mismo comportamiento técnico con un menor peso. A nivel europeo se está trabajando en el soporte legislativo (requerimientos de seguridad, técnicos, etc.) que permita acelerar el acceso de estos materiales al mercado.

Otras de las áreas de mejora en el diseño de los trenes son: el uso de pinturas antigraffiti, el uso de materiales que mejoren la salubridad en los espacios interiores y la accesibilidad universal.

La introducción de *requerimientos ambientales* en el proceso de diseño de material rodante, infraestructura y sistemas permite *reducir ampliamente su impacto ambiental total*

El uso de *nuevos materiales y tecnologías* y el *diseño para mejores escenarios de fin de vida (remanufactura)* son los dos *enfoques prioritarios* del sector en materia de *ecoinnovación en producto*

Recursos útiles



Método para el cálculo de las tasas de reciclabilidad y recuperabilidad en trenes. Desarrollado y publicado por UNIFE y su grupo de trabajo sobre ecodiseño y análisis de ciclo de vida.

[Recyclability and Recoverability Calculation method](#)



Informe técnico de conclusiones del proyecto SUSTRAIL que tiene como objetivo el diseño del vehículo y sistema de mercancías del futuro que permita una mayor capacidad de carga, una mejora en la disponibilidad y una reducción de costes.

[Sustrail Concluding Technical Report](#)

Casos prácticos

ECODISEÑO EN LA POLÍTICA DE PRODUCTO

ALSTOM y su apuesta múltiple por una movilidad más sostenible



Hace ya más de una década que ALSTOM promueve la integración de criterios ambientales en el proceso de diseño de todos sus productos y servicios. Esta apuesta se materializa en una política de ecodiseño que compromete a la empresa con una perspectiva de ciclo de vida para maximizar los beneficios económicos y ambientales que crea la empresa. Esto ayuda a la empresa a satisfacer las necesidades emergentes de sus clientes, aumentar el atractivo de las propuestas de valor y reducir los costes del ciclo de vida de las mismas.

Utilizando el Análisis de Ciclo de Vida, ALSTOM es capaz de trazar el impacto ambiental de sus productos, tomar las mejores decisiones en su diseño y comunicar mejor su desempeño ambiental en ámbitos como: la eficiencia energética, la mejor selección de materiales, la reducción de ruido y vibraciones, las emisiones al aire y su escenario de fin de vida. Fruto de este análisis la empresa puede configurar un conjunto de indicadores que le permite medir su progreso, acelerar la innovación en productos y comunicarse de forma más efectiva con su cliente.

Uno de los instrumentos que ALSTOM utiliza para comunicar de forma transparente el impacto ambiental de sus soluciones son las **Declaraciones Ambientales de Producto**. Este sistema de etiquetado ambiental permite comunicar de forma transparente, comparable y estandarizada el impacto ambiental según diferentes categorías de producto.

En la actualidad la empresa cuenta con un portfolio integrado por más de 17 soluciones ecodiseñadas y posee una Declaración Ambiental para su producto *Coradia Polyvalent*.

Para más información haga click a continuación:



Declaración ambiental de producto del Coradia Polyvalent.



Política de ecodiseño 2014-2015



3 Eficiencia energética

El ferrocarril es el transporte por tierra más eficiente. Además en Europa se encuentra **fuertemente electrificado** lo que supone mejoras de más del 70% en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) frente al transporte aéreo, el coche o el camión. Los próximos años traerán un avance de la electrificación que logrará una mayor penetración especialmente en el transporte de carga. **El consumo energético supone el segundo mayor coste de operación de las líneas ferroviarias.** A fin de lograr un menor impacto ambiental y una reducción de costes se evidencian dos principales tendencias: **el uso de energía de origen renovable y/o combustibles alternativos y el desarrollo tecnológico para aumentar la eficiencia energética** del transporte ferroviario. Instituciones y empresas están aunando esfuerzos para facilitar el acceso a energías renovables que alimenten los sistemas ferroviarios de transporte. Por otro lado, a nivel europeo se está promoviendo el acceso a posibles combustibles alternativos adecuados para cada modo de transporte, destacando positivamente el del **Gas Natural Licuado (GNL) y el hidrógeno** (medio/largo plazo) como las grandes alternativas al diésel. El reto de la eficiencia deberá ser abordado de forma multilateral teniendo en cuenta tecnologías que permitan **reducir los consumo en servicios de confort, mejorar la aerodinámica del material rodante, aligerar estructuras, recuperar la energía disipada, acumularla y mejorar los sistemas de transformación de la energía.** Disponer de un marco regulatorio favorable será clave para implantar algunas tecnologías como la **frenada regenerativa y su posibilidad de reinyectar energía a la red.**

El sector deberá avanzar en el proceso de *electrificación* y acompañarlo de una estrategia clara en cuanto al suministro de *energía renovable y/o combustibles alternativos (GNL o hidrógeno)*

La mejora de la *eficiencia energética* del sector escalará en la medida en la que el conjunto de *mejores tecnologías disponibles* alcance el mercado con suficiente grado de *madurez*

Recursos útiles



Proyecto europeo que tiene como objetivo identificar y testear estrategias y tecnologías que permitan reducir el consumo energético y las emisiones asociadas al transporte ferroviario urbano.

<http://www.osirisrail.eu>



REFRESCO proyecto europeo que ha analizado las opciones disponibles en cuanto a nuevos materiales más ligeros y trabaja para establecer un marco legislativo favorable para su implantación en el ámbito europeo.

<http://www.refresco-project.eu>

Casos prácticos

EL FERROCARRIL COMO ACUMULADOR DE ENERGÍA

Equilibrar la brecha demanda-producción utilizando la tecnología ferroviaria



Las redes eléctricas, cada vez más alimentadas por fuentes renovables, requieren de medios de acumulación de energía que permitan equilibrar la brecha entre demanda y producción que tiene lugar en las horas valle. Por otro lado, tanto la energía eólica como la solar dependen de recursos como son el viento y la luz solar que no tienen un suministro continuo. Tradicionalmente, la energía hidráulica ha servido como un instrumento para equilibrar esta brecha bombeando agua en horas valle para poder liberar esta energía potencial en horas pico de demanda. Este proceso requiere de infraestructura costosa y que, en muchos casos, supone un importante impacto en el ecosistema. La empresa estadounidense ares (*Advanced Rail Energy Storage*) ha desarrollado una tecnología que permite sustituir el agua por *boogies* ferroviarios cargados con hormigón. Estos son elevados en altitud cuando existe un excedente de producción y liberados cuando existe una demanda generando energía eléctrica a partir de la potencial gravitatoria acumulada. El Estado de Nevada ha aprobado un proyecto de 50 MW que será iniciado a lo largo del próximo 2017.



ELECTRIFICANDO LA RED FERROVIARIA

El estado de *Schleswig-Holstein* electrificará toda su red utilizando el *Hydrail*



La red ferroviaria del norte de Alemania está dominada por los trenes diésel. Como parte de la estrategia estatal para la mejora ambiental y de calidad del aire, el estado de *Schleswig-Holstein* ha planificado la electrificación de toda su red (1.100 km) para el año 2025. En corta y media distancia el estado planea utilizar trenes eléctricos con y sin catenaria. Para satisfacer la demanda a larga distancia (incluida la línea que une el estado con la ciudad danesa de *Esbjerg*) se utilizará trenes dotados de pilas de hidrógeno, el también llamado *Hydrail*. El estado ha llevado a cabo una reconversión energética que ha llevado a la instalación de parque eólico y solar para cubrir sus necesidades energéticas. Estos nuevos trenes utilizarán hidrógeno generado por los molinos eólicos en horas valle de consumo para alimentar sus células generando electricidad en el propio tren. Esta tecnología supone una importante mejora ambiental ya que el subproducto único de este proceso es el vapor de agua. La multinacional ALSTOM ha invertido intensivamente en este proyecto. De esta forma, se desarrollará un proyecto piloto en la baja *Sajonia* en 2018 al que seguirán 60 trenes completamente funcionales para *Schleswig-Holstein* en 2020.

4

Infraestructuras sostenibles

A la hora de contemplar la mejora ambiental de la movilidad ferroviaria es importante valorar el conjunto del sistema, el cual incluye el material rodante, la infraestructura y los sistemas de control y alimentación. La fase de construcción de la infraestructura viaria supone **uno de los elementos con mayor impacto ambiental** en el ciclo de vida de los trenes, especialmente a medida que mejora el mix eléctrico. Con la implantación de la red de alta velocidad y el despliegue ferroviario en los países en desarrollo se ha puesto en evidencia la importancia de integrar mejores prácticas que permitan reducir el **impacto de los materiales utilizados** y encontrar mejores escenarios para el **suelo extraído** en las labores de construcción.

Las organizaciones encargadas del despliegue de red ferroviaria están configurando, además, una estrategia que permita asegurar la **resiliencia** de ésta en un futuro en el que el **cambio climático** resultará en fenómenos climatológicos extremos. El desarrollo de planes de contingencia para la infraestructura existente y el **diseño de una infraestructura flexible y adaptable a estos cambios** será clave para el futuro del sector. Por último, el sector está llevando a cabo importantes esfuerzos para mejorar la gestión de la infraestructura existente permitiendo alargar su vida útil y **maximizar su utilización** permitiendo reducir los costes de operación. Además, aprovecha recursos como las aguas freáticas en líneas subterráneas para el riego de parques, jardines, baldeo de calles o devolución a los ríos.

La construcción y los materiales utilizados constituyen los principales impactos ambientales de la infraestructura y los principales focos de mejora de las empresas responsables de su despliegue

El despliegue de nueva infraestructura para acomodar la demanda (principalmente la de alta velocidad) deberá tener en cuenta los efectos del cambio climático por lo que deberá diseñarse como un sistema resiliente

Recursos útiles



QUIET-TRACK

Rail Carbon Tool Herramienta online, en uso en varios proyectos de nuevas líneas en Reino Unido, que permite al usuario reducir las emisiones de su proyecto ferroviario facilitando un cálculo previo en la fase de diseño.

<https://www.railindustrycarbon.com>

Guía para el cálculo de la huella de carbono con factores de emisión.

[Guía Práctica](#)

QUIET-TRACK proyecto europeo cuyo objetivo es ofrecer sistemas para mitigar el ruido producido por el material rodante ferroviario encontrando tecnologías, sistemas de cálculo y de gestión.

<http://www.quiet-track.eu>

Casos prácticos

APROVECHAMIENTO DE AGUA FREÁTICA RED METRO

El ejemplo de la red de metro del área metropolitana de Barcelona



El nivel del freático en las líneas de metro que atraviesan los deltas de los ríos Besòs y Llobregat se ha elevado en los últimos años generando problemáticas de filtración importantes. La red de metro extrae 11 hm³ de agua al año de sus infraestructuras. De no existir estos sistemas de extracción la red se paralizaría de forma continuada. Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB) ha decidido convertir esta amenaza en una oportunidad para una ciudad como Barcelona. El riesgo debido a la escasez de agua es una prioridad a nivel legislativo materializada, entre otras, en el impulso a la reutilización de aguas residuales del paquete europeo de Economía Circular de la Unión Europea.

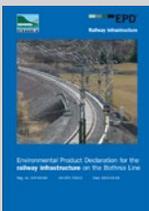
El riego de jardines y las operaciones de limpieza consumen anualmente un volumen elevado de agua que, en muchos casos, es potable. A lo largo de la última década TMB ha firmado acuerdos con los ayuntamiento de Barcelona y L'Hospitalet de Llobregat así como con la Agencia Catalana del Agua. Gracias a estos acuerdos, actualmente, se aprovecha el agua de 11 pozos con un caudal de 79,46 l/s lo que supone un 24,45% del total de agua freática.

ORIENTANDO LA DECISIÓN DEL CONSUMIDOR

Análisis de impacto ambiental en la línea ferroviaria sueca de *Botnia*

La diferenciación del sector ferroviario es clave para asegurar un trasvase efectivo de pasajeros hacia la alternativa más sostenible que supone el ferrocarril. A fin de ser capaces de comparar el impacto ambiental del modo ferroviario frente a otras alternativas para ser comunicado al cliente, la autoridad de transportes sueca (Trafikverket) desarrolló en 2010 un análisis ambiental del completo de la línea ferroviaria de Botnia. Este análisis incluyó el cimentaje para las vías, las vías, los sistemas eléctricos y de control, túneles, puentes, terminales y estaciones y permitió elaborar una declaración ambiental de producto que utilizar como instrumento de comunicación. De forma complementaria, el proyecto permitió obtener una imagen global permitiendo discernir los aspectos más significativos, enfocar las medidas de mejora más efectivas y obtener herramientas para una mejor planificación del sistema de transporte.

Para más información haga click a continuación:



Declaración ambiental de producto (DAP) de la línea Botnia.



Reglas de categoría de producto para el desarrollo de DAPs en infraestructura viaria.

RED DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Simbiosis intermodal para el impulso del vehículo eléctrico



El impulso de una movilidad más sostenible deberá contemplar soluciones colectivas que agrupen trayectos en grandes *hubs* así como soluciones más individualizadas para sostener la capilarización. Con el objetivo de promover un intercambio modal más satisfactorio que permita al usuario elegir combinaciones de movilidad más sostenibles surge, en 2015, un convenio público-privado para la instalación de puntos de recarga de vehículo eléctrico en las estaciones de ferrocarril de Cataluña. El convenio fue firmado por la Generalitat de Catalunya, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC), Railgrup, el Clúster de Eficiencia Energética (CEEC), la asociación catalana Volt-Tour y con la colaboración de empresas privadas como Simon.

Como resultado del proyecto piloto, se han instalado puntos de recarga en cinco estaciones: Sant Cugat del Vallès, Sant Quirze del Vallès, Igualada, Martorell y Volpelleres. Esto está permitiendo la penetración de conceptos de movilidad eléctrica compartida “que ofrecen una solución de conveniencia para la movilidad reduciendo el tráfico rodado y las emisiones de gases contaminantes en las zonas urbanas”.



5

Multimodalidad

Uno de los elementos estratégicos que permitirá aumentar la tasa de utilización de trenes e infraestructuras y posicionar la movilidad ferroviaria como una mejor alternativa a otros transportes será el ofrecimiento de **soluciones puerta a puerta mediante plataformas de multimodalidad** regionales, nacionales e internacionales. Estas se constituyen como un **marco de colaboración** entre agentes del transporte que permiten combinar modos de transporte y ofrecer soluciones integrales.

En el transporte de cargas toma una especial relevancia aquellas soluciones que permiten **combinar transporte ferroviario, por carretera y marítimo** como una alternativa más eficiente tanto en costes como a nivel ambiental. Este tipo de transportes presentan retos técnicos a abordar como son el mantenimiento de las temperaturas para cargas peribles, el desarrollo de tecnología que permita trasladar fácilmente la carga de un medio a otro y la adaptación de la infraestructura para acoger trenes más largos (>500m). En el transporte de pasajeros toma un rol central aquellos agentes integradores que gestionan diferentes modos de transporte y permiten al usuario acceder a tickets (*e-ticketing*) combinados entre diferentes líneas, países y medios de transporte.

Los sistemas de transporte intermodales introducen una mayor complejidad al implicar a un mayor número de agentes por lo que requieren de nuevas **herramientas y sistemas de información y gestión** que permitan coordinar a los agentes.

*La multimodalidad supone una oportunidad clave para el desarrollo del sector y para acelerar la **transición modal**. Para ello será necesario desarrollar tecnologías y actualizar infraestructuras*

*A fin de permitir la **colaboración y la comunicación entre agentes** será necesario generar plataformas y protocolos y asistir estos proceso mediante tecnologías que permitan la **trazabilidad***

Recursos útiles



Ferroustage Es el sistema de transporte combinado carretera – ferrocarril que permite acceder a las unidades de carga intermodal ya sea normalizado o no, como la caja móvil, el contenedor o el semi-remolque, que puedan ser utilizados en el ferrocarril o en la carretera. Esta cadena intermodal permite reducir el transporte por carretera limitándolo a aquellos trayectos que el ferrocarril no puede acceder.



A lo largo de julio de 2016 tuvo lugar la puesta de largo del **Comitè de Serveis Multimodals de Transport de Mercaderies (CSM)**, un òrgano de participaci3n y coordinaci3n cuyo objetivo es incrementar la demanda del transporte de mercancías en un entorno multimodal que integre el ferrocarril.

Casos prácticos

TRANSPORTE MULTIMODAL COMPETITIVO

Transporte multimodal de productos cárnicos al norte de Europa



Tomàs Expediciones, en colaboración con el clúster ferroviario Railgrup, ha llevado a cabo en 2016 una primera experiencia de transporte de productos cárnicos congelados desde Cataluña hasta Alemania en una combinación multimodal de ferrocarril y transporte por carretera. Utilizando contenedores autónomos que mantienen la cadena de frío la empresa ha conseguido hacer llegar la mercancía utilizando mayoritariamente el ferrocarril, reduciendo el impacto ambiental del tránsito y compitiendo en costes y tiempos con la alternativa por carretera.

*El transporte multimodal de
productos cárnicos **reduce el
impacto ambiental** y **compite
en costes y tiempos** con la
alternativa por carretera.*

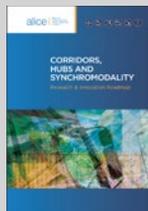
SISTEMAS DE TRANSPORTE DE CARGAS EN RED

Physical Internet: un concepto revolucionario



El sistema de transporte de cargas actual es altamente ineficiente. Esta ineficiencia tiene como principales orígenes la propia naturaleza del sistema y la constante tensión entre el deseo de operadores por masificar la operación y la demanda del cliente que lleva a una creciente capilarización. Al igual que en el reto de la multimodalidad la colaboración entre agentes de la cadena de valor es un valor esencial para la eficiencia. Con el objetivo de acelerar la colaboración a lo largo de las cadenas de valor de la industria europea y el desarrollo de un nuevo sistema logístico que permita una industria más competitiva nace la plataforma tecnológica europea ALICE. El “internet físico” trata de trasladar los conceptos de Internet a la gestión de bienes, materiales y mercancías para lograr un sistema logístico más eficiente y sostenible. Siendo capaces de agrupar demanda y utilizando sistemas de distribución abiertos (*hubs*), el concepto promete alcanzar un ahorro de costes de la operación logística nacional de alrededor del 20% y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un tercio de las actuales.

Para más información haga click a continuación:



Hoja de ruta de investigación sobre sincromodalidad, corredores y hubs logísticos de ALICE bajo el marco del internet físico.

Nuevos modelos de negocio

A lo largo de los últimos años se han acelerado procesos técnicos y sociales que han dado como resultado una disrupción en los modelos de negocio en muchos sectores. El sector ferroviario ya ha comenzado su adaptación a esta nueva realidad y está replanteando su negocio debido a:

El Internet de las cosas y el *Big Data*: el sector está comenzando a captar valor del gran volumen de datos que generan usuarios, trenes e infraestructura. A este nivel están emergiendo grandes agentes provenientes de las tecnologías de la información que están tomando un rol integrador ofreciendo soluciones de movilidad inteligentes. El sector deberá adoptar medidas para gestionar esta nueva amenaza.

Economía colaborativa: la movilidad es uno de los sectores que más dinamismo está experimentando en cuanto al uso de tecnologías sociales para acceder a transporte. Bajo este marco y la concepción multimodal del transporte los agentes operadores comienzan a integrar la economía colaborativa en sus propuestas de valor permitiendo monetizar una parte importante de nuevo mercado.

Modelos de negocio circulares (economía circular): conscientes de la limitación de recursos y la necesidad de obtener el mayor valor de estos durante el mayor tiempo posible son cada vez más las empresas que comienzan a diseñar el material rodante de forma que llegado su fin de vida sus materiales y componentes puedan ser valorizados. Así pues comienzan a tomar fuerza modelos de negocio como la remanufactura.

Servitización incentivado por la tendencia hacia una economía más circular, las necesidades cambiantes de los clientes y la necesidad de reducir los costes económicos a lo largo de la vida de los trenes son varios los fabricantes de material rodante que están comenzando a pivotar su propuesta de valor hacia el ofrecimiento de servicios complementarios e incluso sustitutivos a la venta de productos.

El sector deberá estudiar las implicaciones y posibilidades que le ofrece el Internet de las cosas y el Big Data antes de que nuevos jugadores penetren en el mercado y lo absorban

El concepto de Economía Circular ha empezado a tomar tracción en el sector. Paulatinamente se irán incluyendo requisitos de circularidad en los pliegos de compra de las operadoras a lo que el sector productivo deberá ser capaz de dar respuesta

Casos prácticos

ECONOMÍA COLABORATIVA EN EL SECTOR

Las experiencias de SNCF en economía colaborativa



El sector de la movilidad es uno de los sectores que mayor disrupción está sufriendo con el advenimiento del concepto de economía colaborativa siendo el sector de los automóviles el más afectado con iniciativas como Zipcar (coche compartido), BlaBlaCar (trayecto compartido) o Drivy (alquileres personales). El sector del ferrocarril no es inmune al poder de la coordinación masiva entre personas para revender los billetes que no van a utilizar, para comprar colectivamente billetes con descuento o cuidar a sus hijos durante viajes. La operadora francesa SNCF, consciente de la disrupción que pueden suponer estos modelos, ha decidido tomar las riendas e integrar el concepto en sus operaciones. La operadora ha llevado a cabo actuaciones como:

- Una colaboración con Zipcar, dentro de un programa de partenariat con *start-ups*, para desarrollar una aplicación móvil propia para compartir vehículos localizados en las mismas estaciones de ferrocarril.
- Un proyecto para compartir los espacios infrautilizados en las estaciones convirtiéndose en núcleos de innovación y creación (p.ej. centros de *coworking*, incubadoras, etc.).
- Abrir a la comunidad los datos de la compañía a través de un API para acelerar la innovación abierta.

SERVITIZACIÓN FERROVIARIA

Una propuesta de valor ampliada mediante ALSTOM life services



Siguiendo la estela de otros sectores como el de la fabricación de componentes aeronáuticos, las empresas fabricantes de material rodante ferroviario han descubierto los beneficios de trasladar su propuesta de valor hacia la prestación de servicios. A través de paquetes de servicios para el ciclo de vida de los trenes, servicios de leasing u otros modelos, estas empresas acceden a menores costes a lo largo del ciclo de vida de sus productos y a relaciones con el cliente más estrechas.

Tal es el caso de ALSTOM y su paquete de servicios *Trainlife Services*. A través de este paquete, la empresa ofrece servicios como: el mantenimiento de flotas y optimización de la operación, soporte técnico para la provisión de componentes y reparaciones o servicios de modernización y extensión de la vida útil de los trenes.

*Para más información haga
click a continuación:*



*Catálogo de Trainlife Services de
ALSTOM.*

6. Infografía resumen

A continuación se presenta una síntesis visual de los principales resultados del informe.

Las fuerzas de cambio de tipo técnico, social y económica que están afectando al sector y que afectarán en el futuro cercano evidencian la ecoinnovación como una acción estratégica. La ecoinnovación permite gestionar mejor los riesgos posicionando a quien apuesta por ella en un lugar prioritario para abordar los retos de un futuro incierto.

Siguiendo la estela de las empresas líderes se identifican las principales tendencias y áreas de oportunidad que permitan crear nuevas soluciones, que generen un impacto económico y creen valor ambiental.

Fuerzas de cambio

Retos

Tendencias

Cambios ambientales

Cam
tecnol

Movi
ferro

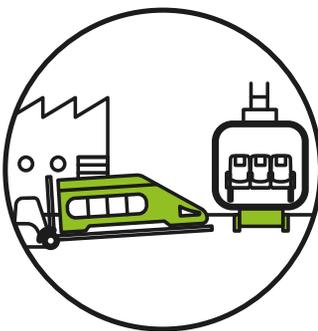


Posicionar al sector como un agente central para un **desarrollo sostenible**.

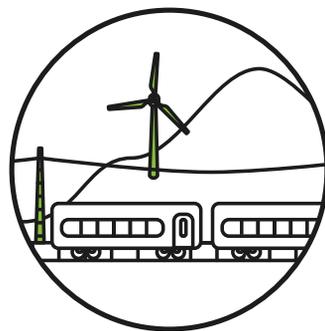
Movilidad i través de la di
integ
y una mejor e
usu



Transición modal



Ecoinnovación en producto



Eficiencia energética

Cambios
lógicos

Cambios
socioeconómicos

ilidad
viaria

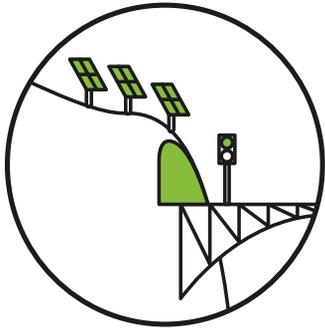


3



Inteligente a
digitalización, la
ación
experiencia de
ario

Desarrollar trenes
e infraestructuras
más sostenibles.



**Infraestructuras
sostenibles**



Multimodalidad



**Nuevos modelos de
negocio**



laboratorio ecoinnovación



Colaboran en este informe:

