

Proyectos de **I+D+i**  
2011-2013



## **Nueva metodología para la evaluación de la demanda de transporte de mercancías peligrosas por vía férrea en la comunidad autónoma de Andalucía**

Universidad de Sevilla



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
**CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA**



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional





# **Nueva metodología para la evaluación de la demanda de transporte de mercancías peligrosas por vía férrea en la comunidad autónoma de Andalucía**

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y  
Vivienda. Junta de Andalucía. 2012

Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universidad de Sevilla

Sevilla, 10-12-2012

## 1. Introducción y antecedentes

El fin perseguido en este Proyecto de Investigación es crear una metodología innovadora para la reorganización e impulso del transporte ferroviario de mercancías peligrosas (MPs).

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo servir de base para lograr un nivel adecuado de seguridad, fiabilidad y competitividad en el transporte ferroviario de mercancías peligrosas a la par que se logra un cumplimiento efectivo de la diversa normativa tanto comunitaria (UE), estatal y autonómica en esta materia.

Este proyecto se enmarca dentro de una visión innovadora que permite promover un cambio en el reparto modal en el transporte de mercancías peligrosas mejorando la competitividad en el transporte ferroviario y reforzando la política de control de cambio climático que la Junta de Andalucía está desarrollando.

Los objetivos que se irán alcanzando a lo largo del desarrollo del proyecto son:

- Ampliación del conocimiento sobre mercancías peligrosas en la Comunidad Andaluza para el análisis de su evolución futura. Tradicionalmente son poco conocidos los flujos de estas cargas pese a su importancia estratégica en la industria y la seguridad;
- Desarrollo de un proceso de modelización innovador que implique un avance tecnológico para el aumento de las capacidades de nuestra región en materia de Transporte y Ordenación del Territorio;
- Análisis de resultados para la búsqueda de posibles medidas que contribuyan con la política de Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2007-2013);
- Simulación de escenarios para la evaluación de los impactos de las distintas políticas que pudieran aplicarse;
- Difusión de los resultados y conclusiones obtenidos del proyecto de investigación entre investigadores y técnicos de Andalucía para la contribución a la mejora de la competitividad del sector ferroviario andaluz.

Dos aspectos destacan desde el punto de vista tecnológico de esta propuesta: el desarrollo de un modelo basado en una configuración clásica de tres etapas aplicado exclusivamente a las mercancías peligrosas y el desarrollo de una aplicación para la gestión de dicho modelo.

El Estudio desarrollará, como mínimo, los aspectos que a continuación se especifican, en las siguientes fases:

- FASE A: Inventario de Infraestructura. Estado actual y actuaciones planificadas y en marcha.
- FASE B: Desarrollo del sistema de modelización.
- FASE C: Definición y análisis de tráficos y corredores.
- FASE D: Análisis y estudio de la normativa sectorial. Nivel de cumplimiento efectivo de la normativa.
- FASE E: Diseño y simulación de escenarios posibles de actuación. Evaluación de efectos.
- FASE F: Difusión y transferencia del conocimiento.

El modelo, por otra parte, y toda la información que lo alimente o genere, se preparará para que pueda ser integrado al sistema de información de la Junta de Andalucía.

## 1.1. Antecedentes

En los últimos años el transporte de mercancías por ferrocarril ha alcanzado en España unas cuotas de mercado mínimas que reflejan el estado poco eficiente en el que se encuentra (LVERDE, 2010). Al igual que la Unión Europea, España se plantea en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT 2005-2020) conseguir que el transporte de mercancías por ferrocarril alcance una posición competitiva.

Con respecto a las mercancías peligrosas, el objetivo de alcanzar un elevado transvase desde el modo carretera al modo ferrocarril permite disminuir el riesgo latente de la congestión de los flujos por carretera y los posibles riesgos de contaminación y de seguridad. La incentivación de este transvase solo es posible llevarla a cabo mediante dos tipos de actuaciones:

- a) Actuación legislativa, por la cual se limita el uso de la carretera, bien espacial (penalizando el uso de determinados tramos) o temporalmente (penalizando el uso de tramos en determinadas ventanas de tiempo) para determinadas mercancías, entre las que, sin duda, figuran las peligrosas.
- b) Actuación competitiva, por la cual se hace atractivo el modo ferrocarril frente a la carretera. Esto conlleva actuaciones de “mejora” del modo ferroviario tendentes a soluciones económicamente beneficiosas frente al modo carretera.

Una etapa necesaria para abordar un planteamiento que favorezca el esperado cambio en el reparto modal pasa por un análisis detallado de la demanda actual de transporte de mercancías peligrosas, en los modos terrestres, abordado mediante una fase de modelización. El conocimiento de la demanda, así como su previsible evolución, son los principales elementos para la determinación de las necesidades de transporte que habrá que cubrir de cara a identificar focos de demanda que abastezcan al ferrocarril y posibles potencialidades intermodales. Así pues, el modelado es el primer paso para la elaboración de una serie de propuestas de actuación que posteriormente sirvan de base para la toma de decisiones.

En trabajos previos, llevados a cabo desde hace una década, se han desarrollado en la Comunidad Autónoma de Andalucía diversos proyectos de investigación en el ámbito de la estimación y prognosis de los flujos de transporte de mercancías peligrosas por carretera. Estos estudios se enfocaban a facilitar una herramienta informática piloto capaz de actualizar los mapas de los flujos de MPs a lo largo de todo el territorio nacional, infiriendo las matrices origen-destino de MPs a través de los aforos de vehículos publicados por el Ministerio de Fomento.

## 2. Objetivos perseguidos y resultados previsibles

Los análisis del transporte de mercancías, cuyo comportamiento se debe no sólo a factores macroeconómicos, sino a políticas concretas de los principales generadores de tráfico (puertos, factorías y otros), y a la problemática del servicio (no liberalizado, es decir, con cautividad para los clientes y sin competencia que estimule la mejora de la calidad, sometido a huelgas y otros avatares), son de gran complejidad y se hace necesario un esfuerzo especial no centrado únicamente en el análisis estadístico de datos actuales e históricos, sino también en la realización de un trabajo de campo específico orientado a una evaluación más cualitativa que permita contrastar y complementar los trabajos estadístico y de modelización.

Es por eso que con esta investigación se pretende alcanzar los siguientes objetivos, para la contribución al desarrollo de la región de Andalucía:

- En primer lugar, se pretende ampliar y completar las informaciones existentes sobre mercancías peligrosas en la Comunidad Andaluza. Esto ayudara a la realización del análisis de flujos de

mercancías peligrosas y su evolución futura permitiendo una mejor planificación en materia de organización del transporte.

- En segundo lugar el desarrollo de una herramienta de simulación basada en una modelización innovadora será de gran utilidad para completar la información dada por los Sistemas de Información Territorial y las actividades del Observatorio Territorial de Andalucía.
- En tercer lugar, los resultados de la investigación permitirán orientar los futuros proyectos ferroviarios del Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, ya que un posible traspaso de las mercancías peligrosas, tradicionalmente realizadas por carretera, al transporte ferroviario, modificará los flujos de mercancías, y por tanto el tipo de demanda. Es por ello que este proyecto contempla la realización de distintas simulaciones de escenarios futuros según las distintas políticas aplicables.

Adicionalmente, el proyecto persigue analizar el impacto medioambiental de este posible traspaso modal en la estructuración de la red y en el medio ambiente, y estudiar su encuadre dentro Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2007-2013) y a la política relativa al cambio climático.

Finalmente, otro de los objetivos de este proyecto es la difusión de los resultados y conclusiones obtenidos entre investigadores y técnicos de Andalucía para la contribución a la mejora de la competitividad de las empresas andaluzas y de los grupos de investigación sobre el transporte.

Los resultados que se irán obteniendo en las distintas fases que componen el proyecto se indican, sucintamente, a continuación:

- Inventario de Infraestructura. Se realizará un inventario detallado de la infraestructura de transporte ferroviario de mercancías a nivel nacional (con especial escala en Andalucía) la cual no sólo comprenderá la situación actual sino también la del conjunto de actuaciones planificadas y en ejecución actualmente. Recopilada la documentación y el estado actual de la infraestructura, se procederá al análisis de la misma y a la extracción de conclusiones sobre:
  - Trazado de líneas ferroviarias,
  - Estructuras y obras de fábrica,
  - Túneles y obras subterráneas,
  - Vías y aparatos de vía, electrificación de líneas ferroviarias y suministro de energía a las mismas,
  - Instalaciones de seguridad y comunicaciones de ferrocarriles,
  - Terminales ferroviarias de mercancías: aspectos funcionales y ferroviarios,
  - Evaluación ambiental de las medidas propuestas,
  - Programación de las obras.
- Desarrollo de un sistema de modelización y definición y análisis de tráfico y corredores: Para el análisis de la demanda de mercancías peligrosas se empleará un esquema clásico de modelado en tres etapas: Generación-Atracción, Distribución de los tráfico por orígenes/destinos y Reparto modal de la demanda. Se identificarán las variables explicativas y se desarrollará la metodología utilizada en el modelado, con los modelos empleados en cada etapa y su calibración para la situación de referencia, de cara a abordar la prognosis de tráfico en los futuros escenarios de evaluación en la siguiente actividad. La selección de las variables explicativas debe ser un compromiso entre el rigor conceptual del modelo de previsión y la capacidad de establecer predicciones razonables respecto a su evolución. Este conjunto estará formado por las variables con más influencia en la demanda de vehículos y cargas, las cuales suelen ser de tres tipos: económicas, demográficas y urbanísticas. Se analizará la situación actual del transporte de mercancías peligrosas para los modos carretera y ferrocarril en los

corredores identificados "de interés", partiendo de la información disponible, para así llegar a la determinación de la demanda actual.

- Análisis y estudio de la normativa sectorial. El análisis de la normativa y documentación pertinente, posibilitará conocer su nivel de cumplimiento respecto de todos los elementos implicados (operadores, embalaje, señalización, etc.), a lo largo de la red ferroviaria española y, en consecuencia, permitirá valorar los problemas derivados de su posible falta de aplicación, así como el mejor modo de resolverlos, bien sea mediante la aplicación de medidas infraestructurales, normativas, de gestión, de operación, etc. Esta fase permitirá obtener una mejor comprensión de los tráficos de mercancías. Será útil también, para la evaluación de posibles diferentes escenarios futuros. Con este examen detallado se podrá elaborar un dictamen acerca del cumplimiento de la normativa.
- Diseño y simulación de escenarios. A partir del análisis de la situación actual, y mediante la correspondiente prognosis y modelado, se diseñarán unos escenarios futuros con diferentes necesidades, que serán los elementos determinantes para establecer las propuestas de planes de actuación. En estos escenarios futuros se podrán simular los cambios necesarios que, de acuerdo con la diferente evolución de las variables que inciden en el mismo, den lugar a diferentes simulaciones en las que puedan apreciarse los cambios de cada una de las propuestas o medidas a tomar para, al final, decantarse por la mejor de las soluciones. La definición de un escenario futuro implicará dos pasos fundamentales: la definición de escenarios socioeconómicos y la definición de escenarios de transporte:
  - Por un lado, la definición de los *escenarios socioeconómicos futuros*, se basará en la revisión de variables geosocioeconómicas del área de estudio para el grado de agregación en que quede establecida la zonificación. Mediante esta revisión, se realizarán unas proyecciones de crecimiento, las cuales se cotejarán con la tendencia histórica de crecimiento de las mismas.
  - La definición de los *escenarios de transporte futuros* se basará en la revisión de toda la planificación de transporte prevista por las distintas Administraciones. Si es posible, se revisarán también las estimaciones de demanda que se hubieren realizado para las posibles infraestructuras de transporte futuras previstas. Asimismo se tendrán en cuenta, para esta definición, las actividades industriales generadoras o atractoras de mercancías peligrosas que puedan incidir significativamente en la demanda que abastezca al ferrocarril. Las entrevistas realizadas servirán para contrastar los valores estadísticos y documentales e interpretarlos y ajustarlos adecuadamente.

### **3. Aspectos innovadores y justificación del proyecto**

#### **2.1. Grado de innovación.**

En relación al avance modelístico este proyecto aportará:

- Conocimiento sobre un aspecto que no es bien conocido pese a su relevancia;
- Una herramienta para simulación de alta investigación tecnológica;
- Permitirá a la Consejería de Obras Públicas y Vivienda desarrollar actuaciones en la materia que mejoren el reparto modal carretera-FFCC y, por tanto, contribuyan a la política medio ambiental y de cambio climático.

La novedad tecnológica del proyecto es doble:



- La utilización de una modelización de tres etapas clásica aplicada a las mercancías peligrosas, en conjunción con técnicas novedosas basadas en distribuciones asimétrico-normales, transformadas de Box-Cox y divergencias de Bergman, presenta un aspecto no abordado hasta la fecha, (a nivel internacional y evidentemente nacional).
- El desarrollo de una aplicación informática en formato ejecutable de uso sencillo y de complejidad modelística transparente al usuario.

## 2.2. Justificación.

La actividad española en el transporte de mercancías por ferrocarril es claramente inferior a la del resto de Europa. Como dato ilustrativo, se destaca que el transporte ferroviario de mercancías en la Unión Europea tiene una cuota de participación del 17.9%; esta participación es del orden del 4% en nuestro país (PEITFM, 2010). Esta cuota es aún más reducida en el caso de las mercancías peligrosas, siendo la carretera el modo con mayor peso empleado para su distribución.

Favorecer un trasvase de mercancías peligrosas transportadas de la carretera al ferrocarril permitiría:

- Descongestionar el transporte de mercancías por carretera, y la circulación de carretera en general.
- Reducir las emisiones debidas al transporte.
- Aumentar la seguridad en transporte.
- Aumentar la competitividad del ferrocarril en Andalucía y promocionar la región como pionera en materia de transporte de mercancías.

A continuación se detallan los puntos mencionados.

### **Descongestionar el transporte de mercancías por carretera**

Aunque se está en un periodo de fuerte crisis que ha supuesto incluso decrecimientos de los tráficos por carretera, la realidad en los años precedentes ha sido de crecimientos de entre el 5 y el 10% en muchos tramos, lo que implicaba en la práctica una duplicación de la IMD en 10 años.

Estos crecimientos, si bien no retornarán probablemente jamás (en la actualidad la Junta de Andalucía utiliza, de acuerdo con la orden de eficiencia, crecimientos sostenidos del 1,5%) a esos niveles, sí que volverán a crecer contribuyendo negativamente a los compromisos de Kyoto y Copenhague.

Además, en los entornos metropolitanos la situación sigue siendo de congestión creciente, alcanzando cotas insostenibles. En especial, en estos entornos, el factor seguridad es, si cabe, aún más crítico.

Las conclusiones derivadas de este proyecto, tendentes a facilitar el trasvase de este tipo de mercancías (MPs) desde la carretera al ferrocarril, facilitarán el diseño de modelos, políticas y actuaciones que puedan transferirse a otros sectores de mercancías. Este 'posible' efecto en cadena abrirá pautas para la descongestión del tráfico de mercancías por carretera, reduciendo la demanda de la IMD.

### **Reducir las emisiones debidas al transporte**

El ferrocarril es el modo de transporte de viajeros y de mercancías que presenta un menor impacto ambiental en su conjunto, es el modo que menos energía consume por unidad transportada, que presenta unos menores niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>, que menos contribuye a la contaminación local en

las áreas urbanas, y que genera un menor impacto acústico. Además la ocupación del terreno realizada por las infraestructuras ferroviarias es en términos relativos menor que el espacio ocupado por carreteras.

Todas estas ventajas ambientales, además de otras como son una menor accidentalidad y reducción de la congestión urbana, hacen que el tren sea el modo de transporte que menos costes externos genera a la sociedad. La carretera y la aviación generan entre 2 y 5 veces más costes externos que el ferrocarril.

Por otra parte, el ferrocarril es el medio que realiza unas menores emisiones de CO2 por unidad transportada, entre 3 y 5 veces menos que viajando por carretera y entre 7 y 10 veces menos que viajando en avión.

### **Aumentar la seguridad en transporte**

El transporte por carretera implica, pese a las mejoras que se han introducido en su gestión, una inseguridad evidente si se compara con el ferrocarril. Por una parte, la accidentalidad de la carretera es muy superior y, por otra, el fraccionamiento de la carga “descontrola a la misma”.

Asimismo, las mercancías peligrosas son susceptibles de acciones deliberadas por lo que la seguridad que aporta el ferrocarril no es desdeñable.

### **Aumentar la competitividad del ferrocarril y de la región de Andalucía**

El trasvase de las mercancías peligrosas al ferrocarril en Andalucía, podría colocarnos en una más ventajosa posición a la hora de ser considerados como una región competitiva en materia de transporte de mercancías y de seguridad. El desarrollo de una nueva organización del transporte daría lugar a la necesidad de creación de:

- Nuevas empresas operadoras del sector de mercancías peligrosas.
- Renovación del transporte ferroviario.
- Cambios en el reparto modal que provocan un cambio en la actividad comercial del sector. Cabe destacar en este sentido que el tráfico de mercancías por ferrocarril en España representa menos del 4% del total, uno de los más bajos de toda la Unión Europea.

Todo esto tendría unos efectos positivos, resultados de mejora de la dinámica del sector. En primer lugar, se produciría una generación de empleo en el sector ferroviario andaluz. Podemos ver que el sector ferroviario emplea actualmente en España a más de 65.000 personas de manera directa. Una fuerte demanda de transporte de mercancías peligrosas necesitaría de más técnicos cualificados para el transporte de este tipo de carga. Adicionalmente debemos tener en consideración el nuevo personal que se requeriría por parte de la administración para poder mejorar la gestión de mercancías peligrosas, las empresas dedicadas a la seguridad y la calidad en el transporte, las constructoras ferroviarias, etc. Otro punto importante es la mejora de la competitividad a nivel internacional. El tren es muy competitivo en grandes distancias y la apertura del mercado ferroviario europeo, que se completará en los próximos años, debería favorecer los intercambios internacionales.

## **4. Referencias**

LVERDE, 2010. Libro Verde del Transporte y Cambio Climático. Comisión de Transportes. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Junio, 2010.

PEITFM, 2010. Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España. Ministerio de Fomento. Noviembre, 2010.

PISTA, 2007-2013. Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transporte, Junta de Andalucía, 2007.

