

Impacto del Puerto Seco de Antequera en el Sistema Logístico Andaluz

Impact of the Antequera's Dry Port on the Andalusian Logistic System

Elvira Maeso González

Universidad de Málaga

Javier Caballero Blanca

Universidad de Barcelona

Félix Alfonso Sánchez Mellado

Universidad de Guelph y Universidad de Málaga

Recibido, Noviembre de 2011; Versión final aceptada, Septiembre de 2012.

PALABRAS CLAVE: Intermodalidad, Transporte Mercancías, Modelización, Operadores logísticos.

KEY WORDS: Intermodality, Freight Transport, Modelling, Logistics Operators.

Clasificación JEL: C61, L92, O14, R12

RESUMEN

Este trabajo, argumenta sobre la importancia de la intermodalidad en el transporte de mercancías centrándose en las iniciativas de las distintas administraciones para el fomento del transporte ferroviario de mercancías y la mejora de la red logística en general, y desarrolla un modelo que permite la predicción de los flujos de transporte de mercancías.

El análisis de las demandas de transporte actuales y futuras es clave para la determinación de las potenciales áreas logísticas. El estudio del caso del impacto de la implantación del Puerto Seco de Antequera en el conjunto de la región nos llevará a la justificación o no de su existencia y/o localización.

ABSTRACT

This paper argues the importance of intermodal freight transport focusing on the different government initiatives to promote rail freight transport and for the improvement of the logistics network in general and develops a model for predicting transport flows of goods.

An analysis of the demands of current and future transport is the key to determining the potential logistical areas. The case study of the impact of the introduction of the Antequera Dry Port in the region will ultimately determine its existence and location.

Growing awareness of the harmful impacts of road transport (environmental, economic and personal) and the required combination of modes of transport have led various administrations to consider alternative methods of freight transport, when planning national and international policies. Above all, using rail and sea to complement road transport.

The development of maritime and rail terminals is considered key to overcoming the drawbacks of Andalusian's peripheral location in Europe. The Infrastructure Plan for Sustainable Transport in

Andalusia proposes the Antequera Dry Port as a logistic node in the Andalusian Logistic Network (2013). Its position at the confluence of the great axis rail freight network (FERRMED) and the Mediterranean rail corridor on its route to Algeciras make it a vital element for the advancement of rail freight transport.

Despite efforts in recent years, demand modeling in the field of freight transport is much less developed than the transport of passengers. Mostly the conventional model of classical aggregate four-stage form adapted to the case of goods (Ortuzar and Willumsen, 2008), whose approach involves:

- Estimation of freight generation and attraction by zones.
- Distribution of generated volumes to satisfy “trip-end” generation and attraction constraints. The usual methods for this task are linear programming or use of a gravity model.
- Assignment of origin-destination movements to modes and routes.

The Application of this model allows the estimation of future traffic flows between the region of study and different exchange areas analyzing the impact that the Antequera Dry Port will have on the whole of Andalusia. As a result of the model, it is estimated that freight traffic generated and attracted by the Dry Port for 2020 will reach 750,000 tons/ year (28,125 TEUs), about 9 trains daily in both directions. The comparison with the activity of other Spanish dry ports leads to the justification of its existence and location in the municipality of Antequera.

Analyzing the effects of the introduction of a dry port in Antequera a number of associated benefits can be seen. From a business point of view, it would be a space for the installation of companies in which they could count all the services of logistics operators and the infrastructure necessary for international expansion. Moreover, its direct connection to the Andalusian ports would increase their capacity and area of influence increasing further its traffic of goods. Another advantage of its collaboration with the Andalusian ports, would be the improvement of the import and export operation and regional and national capillary distribution in its trade with Africa.

It is therefore assessed that the impact of the Antequera dry port would be good not only locally, for its effect on business and economic development of Antequera, but also to strengthen the market against the increasingly stringent changes of demands of goods, promoting intermodality, attracting international companies with operations in Spain and enabling the growth of the Andalusian and Spanish logistics systems.

1. INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados y la deslocalización de la industria actual concede a los flujos de bienes y servicios un papel fundamental. La satisfacción de las necesidades de transporte requiere de soluciones diversas y de diferente grado de complejidad.

El análisis de la demanda de los flujos de transporte y de la localización de centros logísticos, y el estudio de sus efectos en la región es clave para la reducción tanto de los tiempos de distribución y costes como de los impactos negativos asociados al transporte.

La falta de estudio y de uso de métodos apropiados conducen a infraestructuras y modos de transporte inadecuadamente desarrollados y consecuentemente a regiones con una frágil capacidad de oferta y de abastecimiento.

El estudio del caso del impacto de la implantación del Puerto Seco de Antequera en el conjunto de la región nos llevará a la conclusión sobre la justificación o no de su existencia y/o conveniencia de localización.

2. MARCO GENERAL

La congestión del tráfico por carretera y sus efectos perjudiciales asociados son ya un serio problema en muchos países y se prevé que adquiera aún peores dimensiones en los próximos años.

Un traspaso real del flujo de mercancías del transporte por carretera a otros medios de transporte con menor impacto ambiental y siniestralidad, y mayor eficiencia energética constituye una solución eficaz contemplada ya en las distintas políticas y planes de transporte nacionales e internacionales. La concienciación de que el futuro del transporte de mercancías pasa por la combinación de los diferentes modos de transporte, cada uno en su ámbito de acción, hace que hoy en día se apueste con fuerza por el ferrocarril y el barco, como modos aún por desarrollar y de manera que sean complementarios con la carretera.

Así, en el ámbito europeo, el nuevo Libro Blanco sobre Política de Transportes (COM, 2011), señala como una de sus prioridades optimizar el rendimiento de las cadenas logísticas multimodales y marca el ambicioso objetivo de transferir a los modos ferrocarril o navegación fluvial, el 30% del transporte de mercancías por carretera actual para el 2030, y más del 50% para el 2050, apoyándose en el desarrollo de una adecuada infraestructura de corredores eficientes y ecológicos.

A nivel nacional, el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, PEIT (MFOM, 2005), promueve la potenciación del ferrocarril dentro de un sistema intermodal integrado, tanto de mercancías como de viajeros, orientadas a conseguir un nuevo equilibrio modal de mayor eficiencia económica y medioambiental

En el entorno regional, la posición periférica de Andalucía respecto a Europa y el insuficiente desarrollo de las infraestructuras de transporte, fueron identificados históricamente como factores determinantes del menor grado de desarrollo de la región en el contexto nacional y europeo y del menor hinterland o zona de influencia de sus puertos marítimos (Moreno y Ventura, 2008). Las terminales ferroviarias y puertos marítimos y fluviales constituyen elementos fundamentales de la infraestructura de transporte para ligar Andalucía con el resto del mundo, transformando su condición periférica en terminal sensible de transferencias de flujos (Gómez y Grindlay, 2000). En este sentido, el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte de Andalucía, PISTA (COPT, 2008), señala una serie de objetivos basados fundamentalmente en la potenciación de la intermodalidad, la priorización de modos más sostenibles como el ferroviario y marítimo, y el desarrollo de un sistema de Áreas Logísticas.

La Red Logística propuesta, con horizonte 2013, tiene como referencia los denominados nodos logísticos, entendidos como ámbitos supramunicipales en los que las infraestructuras logísticas desarrollen una oferta compartida (COPT, 2006). Se contemplan siete nodos litorales y cuatro interiores.

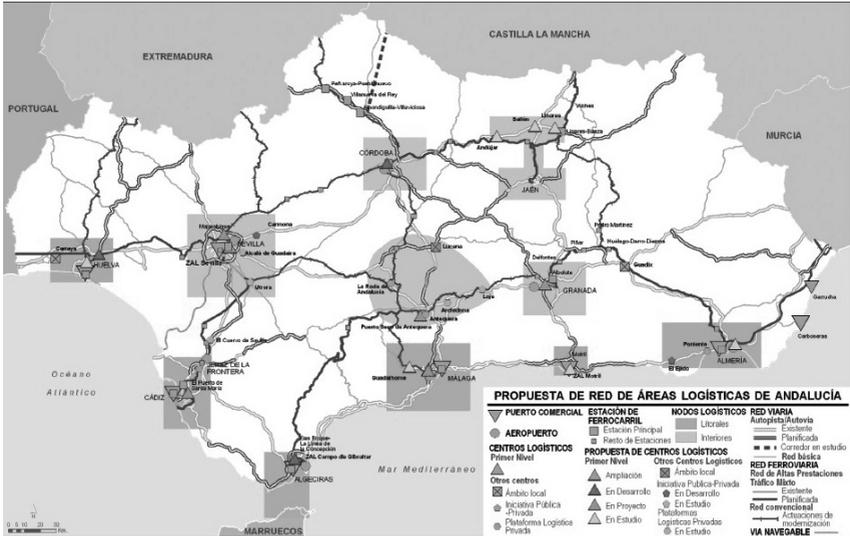
Los Nodos litorales, principales enclaves de origen y destino del tráfico de mercancías y con elevado grado de intermodalidad identificados son:

- Campo de Gibraltar, en torno al puerto Bahía de Algeciras, el de mayor volumen de mercancías transportadas en España, y del complejo industrial asociado al mismo, uno de los más importantes de Andalucía.
- Nodo logístico de Huelva, asociado al puerto de Huelva y a su complejo industrial.
- Bahía de Cádiz, ligado al puerto de Cádiz y que desempeña funciones especializadas y complementarias al resto de puertos andaluces.
- Sevilla, que cuenta con el puerto marítimo-fluvial emplazado en el área central de la aglomeración urbana.
- Málaga, en torno al puerto de Málaga posicionado en el interior de Centro Regional, la costa de Sol y el litoral oriental de Málaga.
- Almería, asociado al puerto de Almería.
- Motril, unido al puerto de Motril, canalizador de los flujos de la costa granadina y el Centro Regional de Granada así como otros flujos hacia el interior,

Los Nodos interiores, que distribuyen cargas desde y hacia el interior de España y Europa, localizados en zonas estratégicas en cuanto a su dotación de infraestructuras viarias y ferroviarias, y señalados en el Plan son:

- Granada, distribuidor central de la zona oriental de Andalucía por su posición respecto a los puertos de Motril y Almería.
- Córdoba, con posición estratégica respecto a los flujos de mercancías en el valle del Guadalquivir.
- Jaén, especial importancia por su ubicación en el principal eje de entrada y salida de Andalucía.
- Área Central de Andalucía, formado por varias ciudades medias capaces de generar una relevante actividad logística apoyada en las infraestructuras existentes o previstas. En este nodo destaca el Puerto Seco de Antequera previsto.

FIGURA 1
RED LOGÍSTICA DE ANDALUCÍA (HORIZONTE 2013)



Fuente: COPT, 2008

En la actualidad, están en funcionamiento las áreas de Bahía de Algeciras, Sevilla, Málaga y Córdoba; en desarrollo las de Almería, Jaén, Granada, Antequera y Bahía de Cádiz y en estudio de localización de suelo las de Huelva y Motril (EFE, 2012).

Como hemos visto, un nexo de unión necesario para la intermodalidad marítimo, ferroviario y por carretera lo constituyen los puertos interiores o puertos secos. Estas infraestructuras logísticas caracterizadas por estar directamente conectadas con un puerto por modo principalmente ferroviario, incrementa la zona de influencia del puerto en el interior, permitiendo que las mercancías procedentes del modo marítimo lleguen de una manera integrada al puerto seco en el que se realizan todas las operaciones logísticas necesarias para su distribución, y en el sentido contrario actúa como centro de recepción de mercancías que tienen como destino el puerto marítimo.

La creciente importancia dada a estas infraestructuras se observa tanto en los numerosos puertos secos en funcionamiento como los previstos actualmente en España (Guzmán *et al.*, 2008). Entre los primeros podemos destacar:

- Puerto Seco Azuqueca de Henares, situado en la autovía Madrid-Barcelona Km. 42,5, Guadalajara.
- Puerto Seco Madrid-Coslada, situado en Coslada, Madrid.
- Puerto Seco Santander Ebro, situado en Luceni, Zaragoza.
- Puerto Seco de Jundiz, situado en Vitoria-Gasteiz, Álava.
- Puerto Seco de Amorebieta, situado en Amorebieta-Echano, Vizcaya.
- Puerto Seco de Santa Eulalia, situado en Mérida, Badajoz.
- Puerto Seco de El Higuero, situado en Córdoba.
- Puerto Seco de Venta de Baños, situado en Palencia.

Entre los previstos, además del Puerto Seco de Antequera, están:

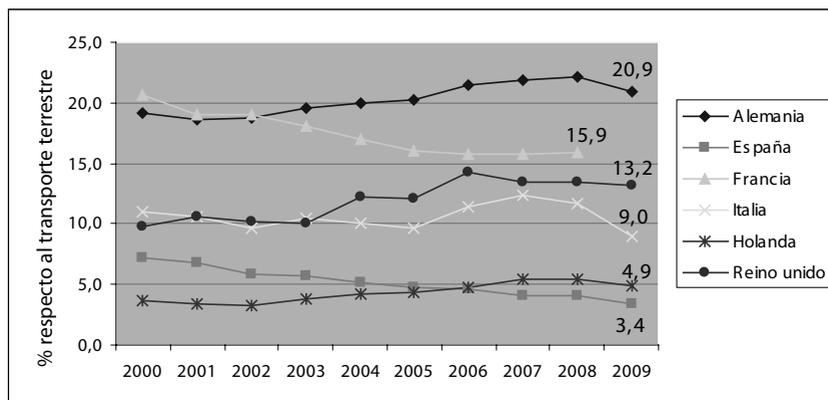
- Puerto Seco de Lisboa, situado en Madrid.
- Puerto Seco de Granada, situado en La Malahá, Granada.
- Puerto Seco de Salvaterra, situado en Vigo.
- Puerto Seco de Linares, situado en Jaén.
- Puerto Seco de Oporto, situado en Salamanca.
- Puerto Seco de El Musel, situado en León.
- Puerto Seco de Santa Rosalía, situado en Málaga.

2.1. El transporte ferroviario de mercancías

Actualmente España es el cuarto país europeo con menor cuota de transporte ferroviario de mercancías (Eurostat, 2012). Este tráfico representa un 3,4% del transporte terrestre (año 2009) y ha sufrido una caída progresiva desde hace más de una década (Figura 2).

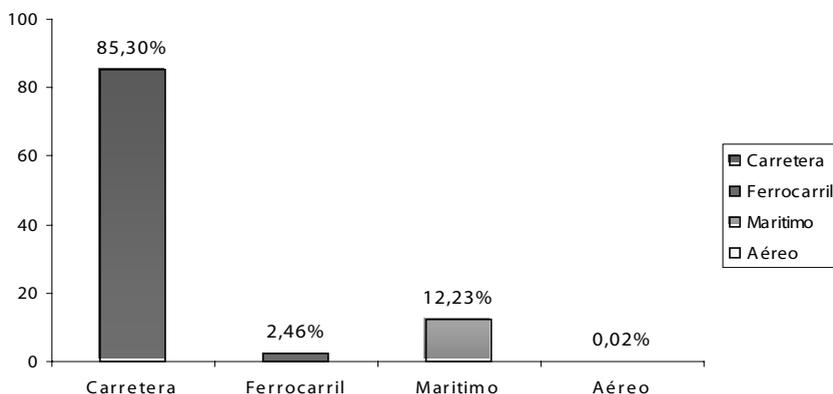
De la comparación con otros modos de transporte de mercancías se observa que está muy por debajo de los modos carretera y marítimo (figura 3). La actual distribución modal de mercancías indica que estamos aún lejos de alcanzar el objetivo europeo de re-equilibrar y estabilizar el reparto modal. Aunque los efectos de la crisis económica han reducido el transporte interior de mercancías en todos los modos (OSE, 2011), ha afectado, en particular, al ferrocarril reduciéndose al 2,46%. Y esto es así, a pesar de estar liberalizado el sector ferroviario en España desde enero de 2005, estando desde entonces ADIF (Administrador de las Infraestructuras Ferroviarias) encargada de la gestión de las infraestructuras, y habiendo sido otorgadas por el Ministerio de Fomento, 14 licencias nacionales de empresa ferroviaria y seis Habilitaciones con sus certificados de seguridad necesarios para circular por la Red Ferroviaria.

FIGURA 2
EVOLUCIÓN DE LA CUOTA MODAL DEL FERROCARRIL EN DIVERSOS PAÍSES DE LA UE



Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat (2012)

FIGURA 3
DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO INTERIOR DE MERCANCÍAS SEGÚN MODOS DE TRANSPORTE EN ESPAÑA (2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de Mfom (2011)

La actualización del PEIT prevista para diciembre 2011 pero que no ha sido publicada a día de hoy, incluía concretamente un Plan Estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España. El objetivo era incrementar el

transporte de mercancías por ferrocarril, mejorando su competitividad y calidad, hasta alcanzar un máximo de entre 77 y 100 Mt en el año 2020, es decir, una cuota del 8 al 10% (MFOM, 2010).

2.2. Ventajas de la implantación de las empresas en un centro logístico

La globalización de los mercados y la interdependencia económica internacional e intersectorial obligan a las empresas de transporte a tratar aspectos como la modernización, calidad, competitividad, productividad, gestión logística, cooperación entre empresas, intermodalidad, innovación tecnológica y de las comunicaciones, gestión medioambiental y de la seguridad, desde su núcleo hasta cualquier nodo intermedio o de distribución de mercancías.

Las empresas de transporte de mercancías en particular, inmersas en estos procesos de cambio, están viéndose abocadas a la evolución de este sector hacia su conversión en un servicio al que se le pide no sólo el traslado de mercancías, sino otros servicios añadidos de logística como almacenaje y gestión de stocks, preparación de pedidos, gestiones administrativas, etc., servicios que le hacen estar plenamente integrado en la cadena logística.

La valoración, cada día mayor, por parte de los industriales de la calidad en el flujo de mercancías, es el factor determinante que ha provocado la total externalización de las funciones logísticas en aquellas empresas en las que no constituye su negocio central.

Por otra parte, las empresas de transporte se quejan del bajo desarrollo de las infraestructuras en comparación con el nivel de desarrollo y organización implantado en ellas tanto en el campo de las actividades logísticas como de las estructuras tecnológicas necesarias. Asumen que sus inversiones pueden mejorar la imagen de la compañía, facilitar las comunicaciones y disminuir los errores, haciéndolas más fiables en el cumplimiento de los plazos y más precisas en el cálculo de los resultados.

Existen fuertes barreras de entrada en la implantación de operaciones logísticas en las empresas de transporte, como son: debilidad competitiva en redes de comercialización, falta de información, precariedad en las operaciones de gestión, débiles estructuras empresariales, falta de formación y capacitación profesional, escaso apoyo de las administraciones, necesidad de asesorías externas para la implantación, ausencia de personal especializado, escasa o nula coordinación interempresarial, alta atomización del sector, diferentes exigencias entre los clientes, escasa fidelización de los clientes, etc.⁽¹⁾

1 ELVIRA MAESO GONZÁLEZ (2003): Presente y futuro de los servicios logísticos en Andalucía. Ed Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Pág. 28.

La solución a estas barreras pasa por la implantación de las empresas de transporte en centros de transporte o plataformas logísticas, que proporcione una plataforma integradora eficaz para las mismas que les permita compartir costes y así reducir las inversiones de entrada, colaborar y mejorar la capacitación de transportistas y profesionales, para el fomento de la innovación tecnológica, la práctica de los transportes intermodales, la elección de los mejores itinerarios, el cálculo de precios, etc. generando en definitiva nuevas y mejores oportunidades (ACTE, 2000).

Las plataformas logísticas son necesarias para la modernización del transporte de mercancías en general, y son indispensables para mejorar la calidad de los servicios prestados, aumentar los niveles de seguridad y competitividad en el transporte de mercancías, contribuyendo a aumentar la eficacia de las empresas de transportes.

El establecimiento de estas plataformas logísticas se decide de un modo cuidadoso. Se estudia la localidad, nudo o lugar estratégico en el que situarlo para poder albergar al mayor número de empresas, de modo que pueda accederse a las mejores redes de comunicación, para realizar transbordos intermodales, para estar más cercano a aquellas rutas con mayor flujo de transporte. En definitiva, para conocer dónde construir una plataforma logística es necesario conocer cuáles van a ser los flujos de mercancías en un futuro.

3. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO SECO DE ANTEQUERA (P.S.A.)

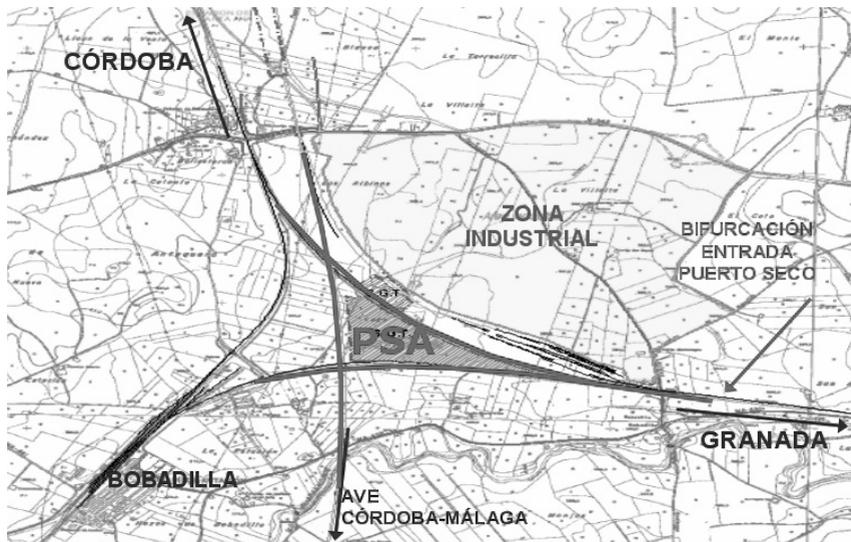
Como se ha señalado anteriormente, el Puerto Seco de Antequera constituye una de las actuaciones más relevantes del nodo logístico Área Central de Andalucía contemplado en el PISTA por su situación geoestratégica como centro neurálgico de Andalucía.

Este proyecto surge como una iniciativa privada de varios promotores locales en 2005 que ven el potencial logístico del municipio, donde convergen actualmente las autovías A-45 y A-92 y diversas líneas ferroviarias convencionales y el AVE Málaga-Madrid. Posteriormente, la Junta de Andalucía, lo declara de Interés Autonómico. Y en julio de 2009, la Agencia Pública de Puertos de Andalucía y la sociedad Puerto Seco de Antequera S.L., formada por el grupo Acotral (48% participación), Hermanos Minguela (22% participación) y otros accionistas menores (30% participación), firman un contrato de bases para la integración de los suelos en el proyecto, convergiendo así la iniciativa privada con la pública (Martín, 2012 y Banús, 2012).

Está prevista su ubicación en las proximidades de la estación de Bobadilla en el paraje conocido como Las Maravillas. Esta zona tiene forma triangular delimitada por tres líneas férreas: la línea de Alta Velocidad Córdoba - Málaga la línea de Alta Velocidad de la Estación de Santa Ana - Granada y la línea actual de ancho ibérico

entre Bobadilla y Granada (Figura 4). El acceso al mismo será a través de una sola vía, línea Bobadilla-Granada.

FIGURA 4
PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL P.S.A.



Fuente: Guzmán, et al., 2008

El área logística tendrá 356 hectáreas de superficie y contará con las instalaciones (Puerto Seco de Andalucía, 2012):

- Terminal ferroviaria privada conectada con los principales puertos de Andalucía. Acceso ferroviario directo a la Estación de Bobadilla, sin afectar la operativa de Renfe.
- Zona de movimiento de combinado y cargas. Para operatoria contenedores-cajas móviles y carga general. Estará abierta a cualquier Cargador-Operador-Transportista y a tráfico de distintos orígenes/destinos.
- Depósito Aduanero.
- Zona de Actividades Logísticas. Equipamiento de servicio de valor añadido a las empresas que quieran instalarse en el Puerto Seco como Operadores ferroviarios, Empresas de transporte, Empresas de ensamblaje y producción en la cadena logística, para exposición de productos, almacenamiento y central de ventas, para aparcamiento de camiones y vehículos que mueven

contenedores, estación de servicio, naves industriales de servicios al sector, edificio de oficinas con locales comerciales, hoteles, restaurantes, etc.

Para su desarrollo completo se necesita una inversión de 361 millones de euros, según el Plan Funcional. La primera fase, de 80 hectáreas y que podrá estar operativa para finales de 2013, necesitará 30 millones de euros para su urbanización (Martín, 2012). La parte privada financiará el 60 por ciento del proyecto, mientras que el 40 por ciento restante será asumido por la Junta de Andalucía (La Opinión de Málaga, 2012).

En cuanto a la operativa del Puerto Seco de Antequera, viene dada por los orígenes de las mercancías con destino el puerto seco y viceversa, ya que la procedencia de las mercancías marcará cada uno de los tres flujos de trenes previstos, según procedan del sur del puerto seco, del este o del norte del mismo.

La operativa de tareas en el puerto seco se compone de 5 movimientos principales, con un tiempo total estimado desde la estación de Bobadilla de 20,8 minutos. En el Cuadro 1, se especifican desglosados los tiempos empleados en cada uno de los procesos necesarios.

CUADRO 1
TIEMPOS ESTIMADOS EN LOS PROCESOS

Tiempos de los diferentes procesos	minutos
Parada completa y desenganche de locomotora	2,4
Cambio de cabeza tractora	6,1
Tiempo desde Bobadilla hasta P.S.A. 3.800m	9,1
Parada y cambio de tracción	2,0
Entrada-Salida al P.S.A.	1,2
Tiempo total desde la estación de Bobadilla	20,8

Fuente: Adif, 2005

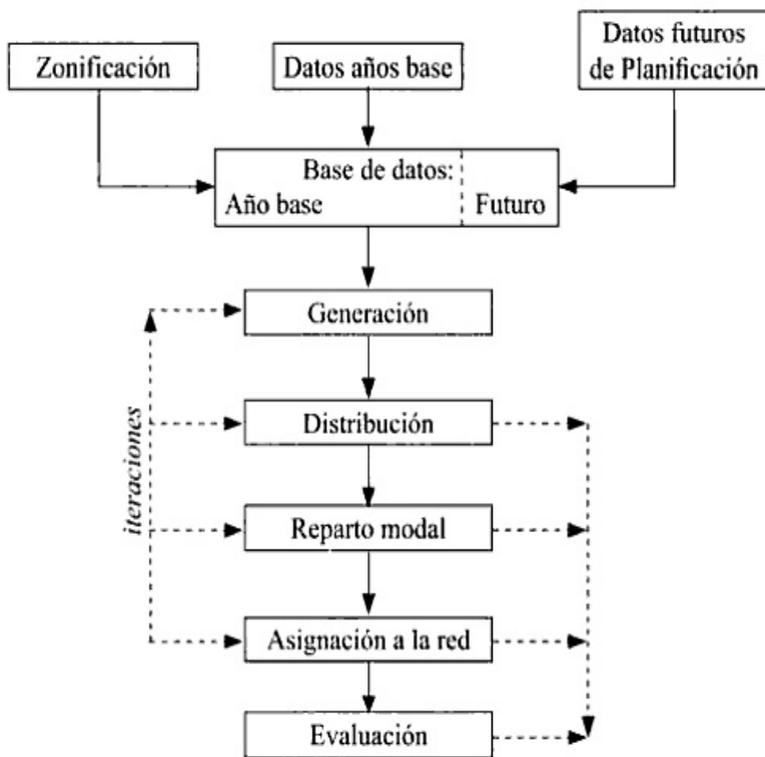
4. APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE CLÁSICO O DE CUATRO PASOS

A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años, la modelización de la demanda en el ámbito del transporte de mercancías está mucho menos desarrollada que la de viajeros. Generalmente se utiliza el modelo convencional de demanda agregada de cuatro etapas adaptado específicamente al caso de las mercancías, cuyo enfoque implica (Ortúzar y Willumsen, 2008):

- La estimación de la generación y atracción de mercancías por zonas.
- La distribución de los volúmenes generados a fin de satisfacer las restricciones de generación y atracción. Los métodos usuales para esta tarea son la programación lineal o los modelos gravitacionales.
- La asignación de los movimientos origen-destino a modos y rutas.

La aplicación del modelo de transporte clásico o modelo de cuatro pasos nos permitirá estimar los flujos de transporte futuros entre la región de estudio y diferentes zonas de intercambio analizando el impacto que el Puerto Seco de Antequera tendrá en el conjunto de Andalucía.

FIGURA 5
MODELO DE TRANSPORTE CLÁSICO



Fuente: Ortúzar y Willumsen, 2008

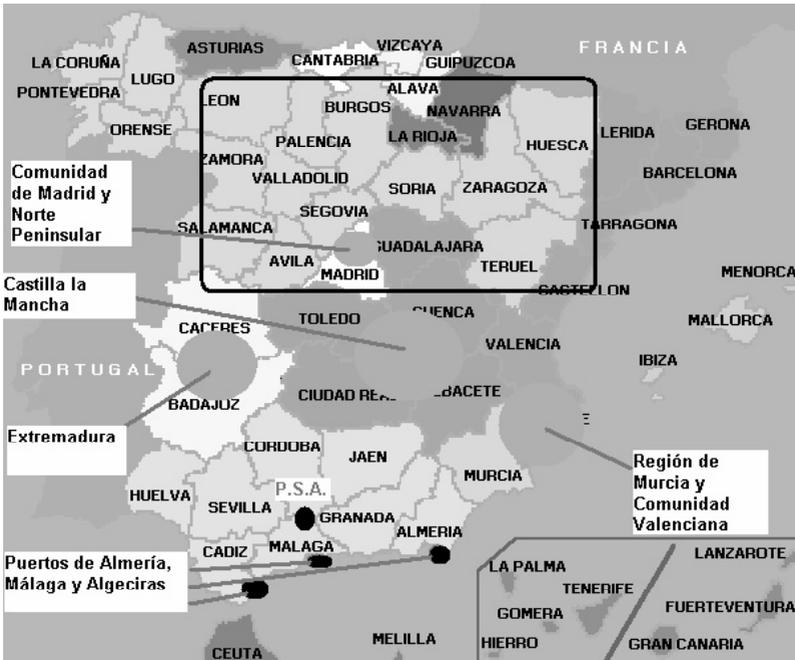
El método comienza por la consideración de un sistema de zonificación y red, y la recolección y codificación de datos de planificación, calibración y validación. Estos datos incluyen niveles de población en el año base en las zonas del área de estudio, niveles de actividad económica, empleo, espacio comercial, facilidades educativas, y espacios de ocio.

El modelo de cuatro pasos recoge las etapas: Generación de viajes, Distribución de viajes, Partición modal de transporte y Asignación de rutas.

4.1. Zonificación

El sistema de zonas se utiliza para agregar los núcleos de tráfico de mercancías en grupos más manejables desde el punto de vista de la modelación. En nuestro caso el modelo servirá para describir los intercambios comerciales de mercancías por carretera, para ello, estudiaremos los viajes generados y atraídos desde Andalucía.

FIGURA 6
MAPA DE ZONIFICACIÓN



Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo los criterios que han de tenerse en cuenta para realizar una correcta zonificación, establecemos la estructura zonal que se muestra en la figura.

En el modelo se han considerado los siguientes centroides:

- Provincias de Andalucía oriental.
- Principales comunidades con las que comercia Andalucía.
- Principales puertos marítimos andaluces.

El proceso de zonificación se ha hecho de manera que el Puerto Seco de Antequera, tenga conexión directa con los principales núcleos de comercio próximos a él. Esto es, con Extremadura, Castilla la Mancha, la región del levante, y finalmente con la Comunidad de Madrid, ya que la relación con las regiones del norte pasa por ella hacia los diferentes destinos.

Además hay que considerar el caso de Ceuta y Melilla con los que se realiza mucho intercambio comercial. El transporte con estas provincias requiere de intermodalidad, y que se ve favorecida con el establecimiento del puerto seco. El tráfico de mercancías con estas provincias de Melilla y Ceuta, queda incluida con las de Málaga y Algeciras.

En cuanto a la localización de los centroides, se consideran los polígonos o puntos más industrializados de cada zona. La inclusión de un centroide por cada capital no implica que dicho centroide esté ubicado en el centro de la capital. De hecho, debería existir un centroide para cada polígono, cada parque tecnológico, cada infraestructura que mueva mercancía, aunque por simplicidad, incluiremos la localización de los centroides en los principales centros logísticos por carretera.

En los casos concretos de Málaga, Algeciras y Almería, consideraremos los centroides en los propios puertos e instalaciones logísticas aledañas a los puertos marítimos, en caso de existir.

4.2. Generación de Viajes

En esta fase, se modelan los viajes para estimar su proyección en el futuro. Se parte de la determinación del número de viajes por unidad de tiempo realizados a/o desde una determinada zona. Para ello se analizan ciertas variables, como son:

- Tráfico actual de mercancías entre los centroides considerados.
- Instalaciones de la terminal ferroviaria del puerto seco.

Comprende las siguientes etapas:

- Análisis viajes actuales.

- Matriz de movilidad o de distribución.
- Aplicación del Método del factor de crecimiento.

4.2.1. Análisis de los Viajes

En este apartado se trata de determinar los destinos de las mercancías con origen y destino el P.S.A. para posteriormente poder realizar las matrices de origen-destino. Los datos utilizados han sido obtenidos de encuestas y otros documentos públicos de las zonas de actividades logísticas. Del análisis de esta información se observa que las zonas con las que hipotéticamente el puerto seco realizaría transacciones de mercancía son:

- Granada.
- Almería.
- Málaga.
- Algeciras.
- Jaén.
- Córdoba.
- Castilla León.
- Extremadura.
- Murcia.
- Comunidad Valenciana.
- Cataluña.
- Castilla la Mancha.
- Comunidad de Madrid.

En nuestro caso por ser el puerto seco base de operaciones logísticas, los destinos y los orígenes serán los mismos, es decir que los flujos de mercancías considerados serán la suma de los entrantes y salientes, lo que nos permite la previsión de trabajo del puerto seco como suma del tráfico de trenes expedidos y recibidos.

Como este estudio trata de modelizar el transporte de mercancías por ferrocarril y carretera en Andalucía, se deben exponer ciertas características del modelo de generación de viajes: En el destino Comunidad de Madrid, se incluirán los datos de tráfico de mercancías del norte de la península Ibérica. En el caso de los destinos hacia Ceuta y Melilla, el transporte utilizado es el marítimo desde los puertos de Algeciras y Málaga respectivamente, por lo que, se analizará el tráfico de mercancías de estos destinos incluidos en el de dichos puertos. Los destinos hacia países extranjeros, se han considerado incluidos en los puertos de Málaga, Algeciras y Almería ya que la expedición de viajes hacia esos destinos requiere del paso por

alguno de los puertos enumerados. El caso del transporte interno entre zonas de Andalucía no presenta problema al haber sido consideradas como centroides.

4.2.2. Matriz de Movilidad

Para definir la matriz de movilidad, se establece que los viajes totales atraídos por una zona son aquellos cuyo destino es dicha zona, sea cual sea el origen de procedencia de la mercancía, y del mismo modo, los viajes totales generados por una zona coinciden con los viajes cuyo origen es esa zona, independientemente de su destino. Establecido esto, podemos obtener la matriz global de movilidad y conocer los viajes atraídos y generados por una determinada región, basándonos en el comercio actual de mercancías.

Una vez calculadas las matrices totales de origen y destino, tenemos que unificar ambas matrices en una única que distinga entre los viajes atraídos y los generados desde el Puerto Seco de Antequera. De la matriz podemos obtener el número de atracciones (A) y de producciones (P) que vamos a tener en el puerto seco. Estos valores serán los que se necesitan para modelizar la red.

En un primer análisis se observa que la suma de las atracciones, de todos los centroides, no es igual a la suma de las producciones de los mismos. Lo que indica que la matriz de movilidad no está estabilizada. Para nuestro propósito, esta situación no tiene importancia ya que en la fase de distribución de viajes, las rutas están prefijadas.

4.2.3. Aplicación del Método del factor de crecimiento

La aplicación del método del factor de crecimiento permite estimar los viajes atraídos y producidos en el futuro, para cada centroide considerado, y en consecuencia los viajes o mercancías atraídas o producidas por el puerto seco.

El método del factor de crecimiento parte del número de viajes atraídos y producidos en un momento dado, y que conocemos del apartado anterior, y del factor de crecimiento de cada centroide (F_i).

$$F_i = \frac{f(M_i^f, T_i^f)}{f(M_i^a, T_i^f)}$$

Para calcular el factor de crecimiento, es necesario conocer para cada centroide las variables T (Nº trenes disponibles) y M (Mercancías), tanto en el año base del estudio como en el año para el que se desean estimar los flujos, en nuestro caso el año 2020. Para calcular los valores de las variables futuras, en el caso de las mercancías, se aplican rectas de regresión basados en datos de años anteriores

proyectándolos al año de estudio. Y en el caso de los trenes disponibles T , sólo la enunciamos para el año base al tratarse de un factor condicionante pero no limitador por la predisposición de Adif, de los distintos operadores ferroviarios y del propio Ministerio de Fomento de la potenciación de este tipo de tráfico.

Una vez calculados los factores de crecimiento de cada centroide, es posible calcular los valores de los viajes atraídos y producidos por cada centroide en el año 2020. Para lo cual se multiplican las atracciones y producciones de cada centroide por su factor de crecimiento, quedando una nueva tabla correspondiente a los valores estimados de viajes para el año 2020.

4.3. Distribución de viajes

La siguiente etapa del modelo clásico de transporte es la distribución de viajes. El método más apropiado para este estudio es el Modelo de gravedad. Su aplicación permite estimar la distribución de atracciones y producciones previstas anteriormente, definiendo una matriz de movilidad estimada que explique la distribución de viajes entre los distintos centroides.

$$T_{i,j} = P_i \frac{A_j \cdot b_j \cdot F_{ij}}{\sum A_j \cdot b_j \cdot F_{ij}}$$

Donde:

T_{ij} es el número de viajes entre las áreas i y j

A_j es la capacidad de atracción de la zona j , se obtiene de la matriz de movilidad y de la tabla de atracciones y producciones estimadas.

F_{ij} factor de fricción que para el caso de un solo modo de transporte sería el coste de transporte

P_i la capacidad de producción de la zona i

Para que el modelo reproduzca con exactitud la realidad es necesario iterar hasta el ajuste de los parámetros. Se empieza modificando los A_j ,

$$b_j^{(c)} = \frac{b_j^{(c-1)}}{\sum_{j=1} T_{i,j}^{(c-1)}}$$

Donde:

$b_j^{(c)}$ es el coeficiente tras la modificación

$b_j^{(c-1)}$ es el coeficiente previo a la modificación

$T_{i,j}^{(c-1)}$ son los viajes entre las distintas zonas antes de la modificación c

Después se modifican los F_{ij} , ya que una condición que deben cumplir los valores T_{ij} es que el modelo reproduzca la misma distribución de frecuencias de los tiempos de viaje que la de los datos de partida. Como los F_{ij} están relacionados con el tiempo de viaje, al hacer que varíen habremos modificado la distribución de frecuencias de los tiempos de viaje alcanzando así el objetivo del modelo.

$$F_{ij}^{(d)} = \frac{F_{ij}^{(d-1)}}{S_{\Delta t} G_{\Delta t}^{(d-1)}}$$

Donde:

$F_{ij}^{(d)}$ es la modificación número d del valor del tiempo de viaje F_{ij}

$F_{ij}^{(d-1)}$

$S_{\Delta t}$: nº de viajes según datos de partida cuya duración está dentro del intervalo de tiempo Δt

$G_{\Delta t}^{(d-1)}$: nº de viajes cuya duración está dentro del intervalo Δt después de la iteración d-1

Se repite la secuencia hasta que se establezcan los resultados. Cada utilización del modelo con un nuevo conjunto de A_j y F_{ij} constituye una iteración. Tras esto se obtiene la matriz con valores estimados de atracciones y producciones por centroide.

4.4. Partición Modal de Transporte

Esta fase del modelo clásico de transporte, consiste en asignar los viajes totales entre zonas a los diferentes medios de transporte que conecten dichas zonas, de manera que se elija el modo de transporte mas barato resultante en el transporte de una determinada mercancía.

Así en esta fase se valoran los modos de transporte existentes entre cada par de zonas, en este caso concreto, la distinción será entre el ferrocarril y el camión.

Esta es una de las áreas en que se han producido mayores avances en los últimos años, particularmente a través del uso de las técnicas de elección discreta conducentes a los populares modelos desagregados de demanda. Cabe señalar que la estructura, forma funcional y variables a considerar en estos modelos, son temas que revisten profunda importancia y que pueden afectar de manera significativa los resultados del modelo.

Conocida la movilidad interzonas entre todos los modos, y las condiciones de oferta en cada uno de ellos, se trata de establecer un proceso que permita obtener la movilidad en cada uno de los modos. La simplicidad de estructura de este modelo en particular posibilita el análisis empírico. Además, la forma funcional lineal implica que las probabilidades (agregadas) de elegir entre varios modos alternativos con respecto al atributo de cualquier modo en particular, son iguales.

4.5. *Asignación de Rutas*

Los modelos de asignación de viajes, son aplicados casi exclusivamente en el transporte por carretera, puesto que ningún otro medio de transporte ofrece la posibilidad de diferentes rutas para llegar al mismo destino.

Para nuestro caso particular, los medios de transporte están definidos y las rutas posibles solo cabe la posibilidad de estudiarlas para el transporte por carretera, ya que una vez que consideremos la presencia del puerto seco, las distancias en vía férrea serán fijas y el itinerario único.

Los factores considerados por las empresas a la hora de decidir la asignación de viajes para sus mercancías es el tiempo empleado en transportar la carga desde su lugar de origen hasta su lugar de destino. En esta fase las empresas negocian con puertos, estaciones ferroviarias y empresas de transporte por carretera para que la mercancía no quede en ningún eslabón de la cadena, desde su origen, hasta su destino, parada o sin atender.

Hoy en día, dado el sector principal del transporte considerado, el ferrocarril, las rutas más apropiadas son sin duda las más cortas en distancia, las cuales han sido utilizadas para la realización de los cálculos de las fases de generación y distribución de viajes.

En un futuro no muy lejano, la distinción de vías de pasajeros y vías de mercancías, hará que las vías más apropiadas no siempre sean las más cortas en distancia, sino que la congestión de algunas vías hará que se incrementen los tiempos de servicio aún cuando las distancias sean menores.

4.6. *Conclusión de la aplicación del modelo.*

Como resultado del modelo de cuatro pasos, se estima el tráfico de mercancías generado y atraído por el Puerto Seco de Antequera para el año 2020 y con respecto a los centroides considerados.

Esto supone que el Puerto Seco de Antequera, genere un tráfico anual de 750.000 Tn/año, cantidad que corresponde a unos 9 trenes diarios en ambos sentidos. Considerando que un TEU puede albergar como máximo una media de 20 toneladas según las normas para contenedores establecidas por la International Standards Organization (ISO), que toda la carga del puerto seco sea contenerizable y un peso por contenedor del 75% de su carga máxima, el Puerto Seco de Antequera tendría una actividad de 28.125 TEUS (2020).

Esta actividad es bastante menor que la que tiene actualmente el Puerto Seco de Coslada (Madrid), 102.022 TEUS en 2011, que opera principalmente con los puertos de Valencia y Barcelona, y que ha crecido significativamente respecto a años anteriores: 69.871 en 2010, 44.709 en 2009 y 59.990 en 2008 (Puerto Seco

de Madrid, 2012), y es similar a la que tiene Azuqueca de Henares (Guadalajara), 25.000 TEUS en sus años de mayor actividad (Jiménez, 2010).

CUADRO 2
PREVISIÓN DE TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR CENTROIDES PARA EL
AÑO 2020 (T)

CENTROIDE	Producción	Atracción
Madrid y Norte peninsular	76127,4	50751,6
Castilla La Mancha	8490,7	5660,5
Extremadura	31678,5	21119,0
Cataluña	8952,7	5968,5
Castilla León	12664,3	8442,8
Comunidad Valenciana	31161,4	20774,2
Región de Murcia	2777,3	1851,6
Granada	23101,8	15401,2
Jaén	29696,0	19797,4
Málaga	50032,0	33354,7
Almería	38186,3	25457,5
Algeciras	112742,9	75161,9
Córdoba	19928,3	13285,5

Fuente: Elaboración Propia

5. IMPACTO DEL PUERTO SECO DE ANTEQUERA EN LA RED LOGÍSTICA

El puerto seco de Antequera, como terminal intermodal que conecta los modos ferrocarril y carretera con los puertos marítimos junto con su estratégica localización en Andalucía, supone a priori un gran núcleo logístico para el sector del transporte de mercancías.

El éxito del mismo puede verse favorecido por el apoyo que desde todas las administraciones conceden al transporte de mercancías por ferrocarril, y que marcan ambiciosos objetivos de captación de la cuota del modo carretera. En este sentido, el gran eje ferroviario de mercancías FERRMED (2012) integra al Puerto Seco de Antequera en su trazado hasta Algeciras (Figura 7).

El trazado propuesto por el Ministerio de Fomento para el corredor ferroviario mediterráneo de la Red Transeuropea de Transporte en España desde la frontera francesa hasta Algeciras, conecta los puertos y las instalaciones logísticas ferroviarias para garantizar una puerta directa de entrada y salida de mercancías al corazón de Europa (Figura 8). Este trazado en Andalucía discurre entre Almería y Algeciras por el interior incluyendo Antequera y posicionándola así como un centro

logístico estratégico al ser el punto en el que confluyen los corredores mediterráneo y central (Banús, 2012).

FIGURA 7
EJE FERROVIARIO DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS FERRMED



Fuente: FERRMED 2012

Por otra parte, el importante incremento de los tráficos de mercancías de los puertos andaluces, superior al del sistema portuario español, le ha permitido consolidar la recuperación de tráficos iniciada en 2010, tras el descenso sufrido en los años 2008 y 2009 (figura 9) (EFE, 2012). De los 25,76 millones de toneladas de incremento producido en el tráfico de todos los puertos del Estado, más del 83% son aportadas por los puertos andaluces, que aumentan sus tráficos en todos los casos, destacando Málaga (130%), Huelva (20,59%), Almería (19,24%) y Bahía de Algeciras (17,89%) (APPA, 2012).

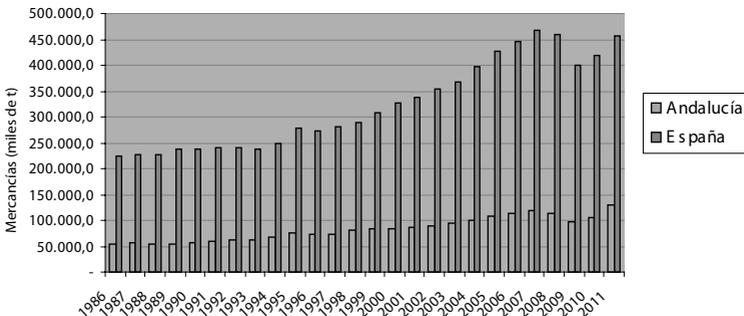
FIGURA 8
PROPUESTA DE RED ESPAÑOLA PARA LA RED TRANSEUROPEA DEL TRANSPORTE. FERROCARRIL (MERCANCÍAS)



Fuente: Mfom (2012)

Este incremento de la actividad portuaria pone de manifiesto la potencialidad del éxito del Puerto Seco de Antequera, al tener conexión directa con el puerto de Málaga, el puerto de Algeciras, Sevilla, Granada y Córdoba.

FIGURA 9
EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO DE MERCANCÍAS EN LOS PUERTOS DEPENDIENTES DEL ESTADO: ESPAÑA VS ANDALUCÍA



Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía

Desde el punto de vista de las conexiones viarias, a la ventajosa situación existente del P.S.A. se une la actual ejecución del proyecto de conexión por autovía entre Jerez y Antequera (que lindará con el P.S.A.) y el proyecto de ensanche de la actual A-384 (Jerez-Antequera) que conectará a la altura de Antequera con la A-92 (Sevilla-Almería) y la A-45 (Córdoba-Málaga), creando el principal nudo de comunicación por carretera de Andalucía.

El desarrollo de la intermodalidad que permite abaratar los costes de transporte al adecuar cada eslabón logístico al modo de transporte más apropiado es, sin embargo, todavía bajo debido a los problemas de restricciones horarias, flexibilidad, penetración, etc. con el que se encuentran las empresas. En este sentido, un puerto seco supone una importante infraestructura logística que permite realizar todos los procesos externos al transporte de mercancías con las mayores garantías de seguridad, productividad y calidad al contar con el necesario equipamiento, tecnología, personal, etc. Entre estos procesos externos están la contratación de operadores logísticos, controles de calidad y aduaneros, centros de recepción y expedición de mercancías ferroviaria y por carretera, consolidación y desconsolidación de la carga, externalización de tareas, consultorías y asesorías, servicios de almacenaje normales y especiales, etc. De esta manera, la implantación del P.S.A. supone una base para el crecimiento del sistema logístico andaluz al ser una pieza fundamental para el avance de la intermodalidad y para la atracción de empresas internacionales con operaciones en España.

Otro aspecto, que no debemos obviar, es la comercialización casi en exclusiva que España hace con el continente africano a través de Andalucía. En esta línea, se vislumbra otra de las potencialidades del P.S.A. en colaboración directa con los puertos de Málaga, Almería, Motril y Algeciras de operatividad en importación y exportación y en distribución capilar dentro de Andalucía y por extensión en España. En el apartado de importación y exportación de mercancías, el P.S.A. puede ayudar a descongestionar las instalaciones portuarias aduaneras, al contar con una superficie extra y superior a la actual de los puertos andaluces para la identificación, gestión y administración de la mercancía proveniente del exterior (border freight).

6. CONCLUSIONES

La concienciación de los perjudiciales impactos del transporte por carretera y de la necesidad de la combinación de los diferentes modos para el futuro del transporte de mercancías, hace que desde las distintas administraciones, se contemplen en sus políticas y planes de transporte nacionales e internacionales el desarrollo de otros modos, especialmente el ferrocarril y marítimo, de manera complementaria a la carretera.

El desarrollo de terminales marítimas y ferroviarias es considerado clave para superar la situación periférica de Andalucía con respecto a Europa. En este sentido, el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte de Andalucía contempla, dentro de la Red Logística de Andalucía con horizonte 2013, al Puerto Seco de Antequera en el nodo logístico del Área Central. Su posición en la confluencia del gran eje ferroviario central de mercancías de la red transeuropea (FERRMED) y del corredor ferroviario mediterráneo, en su trazado hasta Algeciras, propuestos lo convierten en una infraestructura clave para el avance del transporte ferroviario de mercancías.

Por otra parte, los resultados obtenidos de la aplicación del modelo clásico de transporte o de cuatro pasos, para la estimación de los flujos de transporte de mercancías atraídos y generados por el puerto seco, comparados con la actividad de otros puertos secos españoles nos lleva a la justificación de su existencia y localización en el municipio de Antequera.

El análisis de los efectos de su implantación nos conduce a una serie de beneficios asociados. Desde el punto de vista empresarial, supondría un espacio para la instalación de empresas en el que contarían con todos los servicios de los operadores logísticos y las infraestructuras necesarias para su expansión internacional. Por otra parte, su conexión directa con los puertos andaluces aumentaría la capacidad y área de influencia de éstos incrementando aún más su tráfico marítimo de mercancías. Otra de las ventajas de su colaboración con los puertos andaluces, sería la mejora de la operatividad importadora y exportadora y de distribución capilar regional y nacional en su actividad comercial con el continente africano.

De esta manera, se valora que el impacto del Puerto Seco en Antequera no sólo sería positivo a nivel local, por su efecto en el desarrollo empresarial y económico de Antequera, sino que fortalecería el mercado frente a los cada vez más exigentes cambios de demanda de mercancías, favoreciendo la intermodalidad, atrayendo empresas internacionales con operaciones en España y posibilitando el crecimiento del sistema logístico andaluz y español.

BIBLIOGRAFÍA

- ACTE (2000): "Beneficios de los centros de transporte. Asociación de centros de transporte de España".
- APPA (2012): "El tráfico comercial de los puertos andaluces crece un 20% en 2011 y llega hasta los 130 millones de toneladas de mercancías". Agencia Pública de Puertos de Andalucía Noticias, 13.02.12 [en línea] <http://web.eppa.es/en/news/item/605-el-trafico-comercial-de-los-puertos-andaluces-crece-un-20-en-2011-y-llega-hasta-los-130-millones-de-toneladas-de-mercancias> [consulta: 14 marzo 2012].
- BANÚS, L. (2012): "El Puerto Seco de Antequera, clave para la logística del Sur de España". Interempresas. Logística Interna. Área Informativa, 27.02.12 [en línea] <http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/62075-En-marcha-el-Puerto-Seco-de-Antequera-enclave-estrategico-e-intermodal.html> [consulta: 12 marzo 2012].
- COM (2011): *Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*. Comisión Europea. Bruselas.
- COPT (2006): *La Red de Áreas Logísticas de Andalucía*. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía. Sevilla.
- COPT (2008): *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2007-2013)*. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía. Sevilla.
- EFE (2012): "Aumenta el tráfico de mercancías en los puertos andaluces y disminuye el de personas" El mundo [en línea] <http://www.elmundo.es/elmundo/2012/02/13/andalucia/1329144476.html> [consulta: 9 marzo 2012].
- FERRMED (2012): "Qué es FERRMED". [en línea] http://www.ferrmed.com/es/component/option,com_frontpage/Itemid,1/ [consulta: 16 marzo 2012].
- FUNDACIÓN CETMO (2011): *Innovar en la Gestión de la Interacción Vehículo Pesado-Carretera*. Barcelona.
- GÓMEZ, J. y GRINDLAY, A. (2000): "Los transportes ferroviarios y marítimos en Andalucía". *Revista de Estudios Regionales*, Nº 56, Pág. 141-169.
- GUZMÁN, V., MAESO, E y, RUIZ, M. (2008). *Estudio y análisis de la explotación ferroviaria del puerto seco de Antequera*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Málaga.
- IDAE (2011): *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-20*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid.
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA Y CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA (2012): *Anuario Estadístico de Andalucía 2012. Evolución del tráfico de mercancías en cabotaje y exterior en los puertos dependientes del Estado. Años 1986-2010*. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.
- JIMÉNEZ, M. (2010): "Corredor del Henares, la mayor densidad de logística ferroviaria de España". *Vía libre*. Nº 538. pp. 15-19.
- LA OPINIÓN DE MÁLAGA (2012): "El Puerto Seco de Antequera podría comenzar en 2013". Diario La Opinión de Málaga, 13.02.12 [en línea] <http://www.laopiniondemalaga.es/municipios/2012/02/13/puerto-seco-antequera-comenzar-2013/484914.html> [consulta: 12 marzo 2012].
- MARTÍN, C (2012) : "Las obras del Puerto Seco de Antequera empezarán en otoño tras obtener el suelo". Diario Sur Málaga, 29.01.12.
- MFOM (2005): *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MFOM (2010): *Plan estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MFOM (2011): *Los transportes y las infraestructuras. Informe Anual 2010*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- MFOM (2012): "Empresas Ferroviarias". [En línea] http://www.fomento.gov.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/FERROCARRILES/EMPFERROVIARIAS/ [consulta: 21 marzo 2012]
- MFOM (2012): *Nueva propuesta de Red Española para la Red Transeuropea del Transporte. (Madrid, 15 de febrero de 2012)*. Ministerio de Fomento. Madrid. [En línea] <http://www.fomento.gov.es/NR/rdonlyres/67C90D5A-CD07-47DF-BB36-04D3A007F21C/109514/12021502A.pdf> [consulta: 21 marzo 2012].
- MORENO, J. G. y VENTURA, J. (2008): "Perspectivas de las infraestructuras para el desarrollo territorial en el entorno del Estrecho de Gibraltar". *Revista de Estudios Andaluces* nº 27, pp. 65-86.

- ORTÚZAR, J. y WILLUMSEN, L. (2008): *Modelos de Transporte*. Ed. Publican. Santander.
- OSE (2011): *Sostenibilidad en España 2011*. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid.
- PUERTO SECO DE ANDALUCÍA (2012): "Zona de actividades". [En línea] http://www.puertosecodeandalucia.com/es/puerto_seco.html [consulta: 15 marzo 2012].
- PUERTO SECO DE MADRID (2012): "Resumen TEUS". [En línea] <http://www.puertoseco.com/evolucioncorredores.html> [consulta: 22 marzo 2012].
- SALGUEIRO, J. (2009): "La Red de Áreas Logísticas de Andalucía y su papel en el desarrollo del Nodo Logístico del Estrecho". Ponencia presentada en *Expo Andalucía Marruecos*. Casablanca, septiembre.