

# ANÁLISIS CON SIG DE LA RED DE TRANSPORTE INTERMODAL ENTRE MARRUECOS Y LA UNIÓN EUROPEA. EVALUACIÓN DE RUTAS Y ENCLAVES ESTRATÉGICOS

JESÚS GABRIEL MORENO NAVARRO\*

Recibido: 1-11-06. Aceptado: 15-01-07. BIBLID [0210-5462 (2006-2); 39: 203-219].

**PALABRAS CLAVE:** Redes, Isocronas, ruta óptima, transporte intermodal.

**KEY WORDS:** Decision System, database, networks, simulation, transports, waiting time.

**MOTS-CLEFS:** Réseaux, Isochroniques, route optimale, transport intermodal.

## RESUMEN

El trabajo que se presenta está extraído de una tesis doctoral defendida en abril de 2003 por el mismo autor. En ella se ha elaborado una capa vectorial sobre la base de la Digital Chart of the World a la que se han añadido las principales líneas marítimas. Al tratarse de una red intercontinental con cerca de 100.000 arcos, la escala presentó problemas de proyección y una gran carga de trabajo para conseguir la actualización de los atributos, así como la garantía de su conectividad. En estos atributos se reflejó el tiempo de estiba en los puertos, la diferente impedancia en los medios (barco-camión-ferrocarril) y la rectificación de las distancias cuya traducción en valores métricos quedaba distorsionada al progresar en latitud. El modelo ha permitido explicar las razones del alejamiento de los flujos entre Marruecos y la Unión Europea a través de puertos alternativos a los del Estrecho de Gibraltar. Mediante el módulo Network de Esri ha podido ponerse de manifiesto la dudosa competitividad de un enlace fijo en el Estrecho de Gibraltar, las ventajas comparativas del Arco Mediterráneo, la identificación de centros estratégicos en la red, etc. De este modo se han aportado nuevas bases para considerar el papel de los corredores de transporte en los planes de infraestructuras. Este modelo fue empleado también en dos estudios de competitividad para dos nuevos puertos en proyecto: Plan de Ordenación Territorial para el nuevo puerto Tánger-Med y Estudio de Sostenibilidad Socioeconómica del Puerto de Granadilla de Abona (Tenerife).

## ABSTRACT

This paper presents a model for analyzing and evaluating intermodal networks using a Geographic Information System (GIS) environment. Shipping segments and terminals, such as harbours, stations and container depots have been added including dwelling time. This dynamic system covers Europe and North of Africa. Because of its arch only topology, all elements are included in the same database, making tasks updating easier. Distortions due to cartographic projections of a continental scale and independence of different network behaviour within the same database are solved. Being one of the outcomes of a doctoral thesis it has later been applied in two port competition assessments.

\* Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Univ. de Sevilla. jgamore@us.es

## RÉSUMÉ

Ce travail est extrait d'une thèse doctorale défendue en avril 2003 par le même auteur. Dans cette dernière on a élaboré une couche vectorielle sur la base de la Charte Numérique du Monde à laquelle on a ajouté les principales lignes maritimes. Il s'agissait d'un réseau intercontinental avec environ 100.000 arcs, l'échelle a présenté des problèmes de projection et une grande charge de travail pour obtenir la mise à jour des attributs, ainsi que la garantie de sa connectivité. Dans ces attributs le temps de chargement dans les ports s'est reflété, la différente impédance dans les moyens (bateau – camion - chemin de fer) et la rectification des distances dont la traduction dans des valeurs métriques était dénaturée en progressant en latitude. Le modèle a permis d'expliquer les raisons de la distance des flux entre le Maroc et l'Union Européenne à travers des ports alternatifs à ceux du Détroit de Gibraltar. Grâce au module Network d'Esri a pu être mise en évidence la compétitivité douteuse d'une liaison fixe dans le Détroit de Gibraltar, les avantages comparatifs de l'Arc Méditerranéen, l'identification des centres stratégiques dans le réseau, etc. De cette manière on a apporté de nouvelles bases pour considérer le rôle des coureurs du transport dans les plans d'infrastructures. Ce modèle a été aussi employé dans deux études de compétitivité pour deux nouveaux ports en projet : Plan d'Aménagement Territorial pour le nouveau port Tanger - Med et Étude d'Aptitude à soutenir des opérations prolongées Socio-économique du Port de Granadilla de Abona (Tenerife).

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende sintetizar el papel que la herramienta SIG ha tenido para analizar las infraestructuras de transporte en el entorno del Estrecho de Gibraltar, así como el futuro impacto de las acciones planeadas para éstas. Por una parte se abordará la conceptualización de la información que formará parte del sistema y por otra las cuestiones técnicas para la elaboración del modelo y su operatividad como herramienta de evaluación. En el primer aspecto se hará referencia a la naturaleza de la información, exponiendo nociones básicas que deben ser tenidas para simular un trayecto de transporte intermodal. En el segundo la herramienta SIG en sí será la protagonista, abordando la implementación de la información dentro de la cartografía vectorial, incluyendo la elaboración de la base de datos y la construcción de la red intermodal. Finalmente se resumirán los resultados más relevantes que han producido las simulaciones sobre escenarios actuales y escenarios contemplados en los Planes de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA) y Director de Infraestructuras (PDIA), así como obras en ejecución y/o en proyecto en el norte de Marruecos.

### 1.1. *Ámbito Geográfico*

El *hinterland* del Estrecho de Gibraltar, tanto real como potencial, es el ámbito geográfico que cubre este trabajo, por lo que la red abarcará a todos los países de la unión Europea en el año 2002 y a Marruecos. La red de transporte incluye a la red terrestre y a la marítima, pero teniendo a ésta última siempre como prolongación de la

red de transporte europea. De este modo, las rutas analizadas enlazan al centro económico del Reino de Marruecos con los mercados urbanos del norte y centro de Europa. Se parte del planteamiento de que las infraestructuras del entorno inmediato del Estrecho de Gibraltar son determinantes en la decisión de ruta, por lo que la condición dinámica del modelo se aplicó fundamentalmente en Andalucía y Marruecos. De este modo, la valoración de las infraestructuras proyectadas o propuestas en diversos planes se redujo a este entorno, habiéndose tomado como justificación el hecho de que en sus memorias de planeamiento consideraban su papel estratégico frente al Estrecho de Gibraltar.

## 1.2. Marco conceptual del transporte intermodal

La transformación en los medios de carga ha sido una exigencia antigua en cualquier medio de transporte y atiende siempre a la lógica de la distribución. Esta lógica requiere un sistema de transporte más eficiente que barato y en el que la entrega final del producto toma especial protagonismo. El sistema tiene que flexibilizarse y multiplicar las alternativas. Esto se consigue mediante la segmentación en la cadena de transporte, de manera que puedan intervenir diversos modos: ferrocarril, barco, carretera y avión (HAYUTH 1992). La transformación de la carga ha conseguido su máximo exponente en el formato del contenedor, tanto de 20 como de 40 pies, mientras que la segmentación en los medios de transporte es lo que ha dado lugar a la intermodalidad. Para un ejercicio de optimización de ruta hay que tener en cuenta no solo las diferentes velocidades de cada uno de los medios, sino también el tiempo de operación en la carga y descarga, así como el tiempo de espera (*dwelling time*). La transferencia de carga sólo puede realizarse en lugares indicado para ello, habiendo preferencia por las zonas de actividad logística y terminales de contenedores. Los modos analizados en este trabajo son carretera, barco y ferrocarril. Dentro de estos modos se ha tenido en cuenta también la diferenciación entre modo *lift-on lift-off* (lo-lo) y *roll-on roll-off* (ro-ro), siendo el primero el sistema básico de carga y descarga de contenedores y su transporte sobre chasis, mientras que el segundo consiste en un remolque con medidas de 40 pies, con o sin cabeza tractora. En cuanto al transporte marítimo, hay que diferenciar entre las líneas de corto recorrido, conocidas como *short-sea-crossing* (SSC) y las de largo recorrido, si bien estas últimas no son transoceánicas en este caso. Las líneas *short-sea-crossing* cuentan con navíos de mayores prestaciones, siendo algunas de «alta velocidad», con medias superiores a los 35 nudos. Por otra parte también hay que tener en cuenta a los enlaces fijos. En este caso sólo se encontraba operativo el Canal de la Mancha, pero en el modelo se ha ensayado también situaciones que contemplan el Enlace Fijo en el Estrecho de Gibraltar. (Referencias a planes de infraestructuras en NTP). Su comportamiento a efectos logísticos es el de un ferry con costes operativos mas bajos, aunque sensiblemente más caro que aquellos para el transportista. Finalmente, otro factor es la regulación del descanso del conductor; puede ser tomado como un inconveniente y una ventaja. El descanso obligatorio del conductor debe ser con el vehículo parado atendiendo a la siguiente secuencia de modo simplificado:

Tabla 1. *Períodos de conducción y descanso*

<i>Períodos de conducción en horas<sup>1</sup></i>	<i>Descanso obligatorio en horas</i>
4,5	0,75
8	11
8	8 acumulando 3 para el siguiente descanso
40 horas (período semanal)	45 horas descanso semanal
40 horas	36 horas acumulando 9 para el siguiente descanso.

FUENTE: elaboración propia con datos del MINISTERIO DE TRANSPORTE (1996).

El descanso puede realizarse en la cabina del camión siempre que esté equipada con litera y el motor parado. Este hecho proporciona la posibilidad de realizar el descanso durante una travesía en ferry, práctica habitual entre los transportistas en el Mar del Norte para ganar tiempo. También puede realizarse en trenes especiales que cargan a los camiones con las mismas prestaciones que un ferry. Esta posibilidad sólo se plantea en Europa Central.

### 1.3. *Objetivo*

Medir el papel de la localización y trazado de infraestructuras de transporte actuales y proyectadas. El transporte intermodal necesita medidas de tiempo para averiguar la ruta óptima, primando éste rente a otros factores como el económico<sup>2</sup>. Como hipótesis de partida, tomamos el hecho de que los puertos mediterráneos están aumentando su tráfico intermodal fortaleciéndose el eje mediterráneo como corredor fundamental entre norte y sur de Europa por su ventaja de localización. Esto obedece en parte al desplazamiento del centro de gravedad europeo hacia el este de Europa, tras las sucesivas ampliaciones de la Unión europea. Pero hay también ventajas de localización geográfica como el hecho de que a mayor trayecto, más ventajas ofrece el segmento por mar más corto, buscando la línea recta cuando se trata de rutas más cortas (SERDERIDIS 1988).

### 1.4. *Metodología*

El estudio se ha apoyado en una red vectorial cuyos arcos representan las líneas férreas, carreteras de Marruecos y la Unión europea, las rutas marítimas de transporte

1. La hora se medirá en sistema decimal, es decir, 30 minutos equivalen a 0,5 horas.
2. Ministerio de Fomento (2002) y Transport Study Group (1993).

marítimo de corta distancia como prolongación de las redes terrestres y las rutas marítimas que enlazan Marruecos con los puertos de la Unión Europea. Se han tomado todas las rutas marítimas que parten de las principales terminales de contenedores en Marruecos, es decir las de Casablanca y Tánger, hacia puertos europeos. La evaluación de las rutas tiene dos enfoques diferenciados. Por una parte se estudian las rutas actuales comparando los trayectos más cortos en distancia, en tiempo y la vía exclusivamente marítima. La segunda parte corresponde a la evaluación del impacto de las posibles infraestructuras en estas rutas. El modelo teórico seguido es el de (CALKINS 1991) del que tomamos los siguientes puntos<sup>3</sup>:

1. ¿Cuál es el valor actual de ese mismo atributo?
2. ¿Cuál es el valor proyectado para ese atributo en el futuro?
3. ¿Cuál es el cambio planeado para el atributo (lo que es igual a las acciones a emprender)?
4. ¿Cuál es el valor del atributo en el tiempo (t+1) y siguientes?

#### 1.4.1. Estudio de las rutas actuales

Consistiría el primer punto de la secuencia de CALKINS: *cual es el valor actual de los atributos*. Las rutas actuales se han seguido considerando los siguientes puntos:

- a) *El trayecto más corto en distancia*. Esta opción traza el trayecto más directo entre origen y destino en cuanto a localización geográfica. Con esta opción se desvelan las zonas de paso realmente estratégicas en cuanto al factor distancia. En este caso se ignora la impedancia y la conveniencia de aproximarse a centros de mercado o plataformas intermodales. La línea resultante nos proporciona también los posibles ejes que podrían reforzarse para unir diferentes puntos, siempre considerando la posibilidad de cambiar de un modo a otro de transporte.
- b) *El trayecto más corto en tiempo*. En este caso sí se ha tenido en cuenta la impedancia, aunque no se aplica la normativa sobre descansos del conductor para el transporte por carretera y al igual que en el caso anterior, tampoco se consideran los mercados ni las plataformas, tratándose también de una opción esencialmente «intermodal».
- c) *El trayecto vía marítima*. Se ha trazado sobre una serie de posibilidades a partir de las principales líneas de transporte intermodal situadas en los ejes procedentes y con destino a Marruecos. En este caso no se considera la inter-

3. En el ejemplo de CALKINS son 9 los puntos al referirse también a la evaluación de las infraestructuras en el futuro.

modalidad. Esta opción tiene la ventaja de contar con menos inconvenientes a la hora de establecer la impedancia, ya que las posibilidades de tropezar con atascos, obras, etc, son menores que en los transportes terrestres.

No se han considerado interrupciones por carga y descarga en puertos para los casos de la vía marítima. Tampoco la regulación europea sobre el descanso del conductor en la terrestre, considerándose en este último caso como el supuesto de una compañía que dispone de relevos en el trayecto, pero sí se ha contabilizado tiempo de descanso obligatorio que se acumularía.

Los datos estarían contabilizados del siguiente modo:

Tabla 2. *Análisis comparativo*

<i>Tiempo acumulado de recorrido en h</i>			
Escalas Destino...	Vía marítima Horas acum.	Vía intermodal Horas acum.	Descanso acumulado Horas acum.
<i>Distancias acumuladas en Km</i>			
Escalas Destinos...	Por mar Horas acum.	Intermodal Horas acum.	Mínima Horas acum.
<i>Cociente de las distancias por la mínima posible.</i>			
Escala	Dist min/dist. Mar (a)	Dist min/dist intermodal (b)	diferencia (b-a)

FUENTE: Elaboracion propia.

Los cocientes (a, b) deben ser inferiores a 0 y al acercarse al valor 1 indica que la ruta se aproxima al punto óptimo de prestaciones. Cuando la diferencia b-a es positiva indica una localización ventajosa de las rutas exclusivamente marítimas, mientras que una diferencia negativa indica una ventaja de las rutas intermodales.

La comparación entre los trayectos más cortos en distancia y los más cortos en tiempo nos dan una idea de cuales podrían ser las rutas con mayor valor estratégico con las adecuadas actuaciones sobre las infraestructuras.

En la comparación de los resultados ofrecidos por las diferentes opciones se puede valorar el peso de las infraestructuras (velocidad), el peso de la localización (distancia) y la importancia de los ejes de transporte marítimo, así como la condición de alternativa por parte de éstos al transporte por carretera. En este último caso si las tres líneas se aproximan indicaría una situación de competencia entre modos, ofreciendo las alternativas que se contemplan como «autopistas del mar» ECMT (2001).

### 1.4.2. La valoración de las infraestructuras proyectadas

Teniendo en cuenta las líneas estratégicas contempladas en el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, las actuaciones propuestas en el Plan Director de Infraestructuras de Andalucía, y los proyectos del Ministerio de Obras Públicas del reino de Marruecos se ha modificado la red añadiendo nuevos arcos con nuevos trazados o simplemente se le han cambiado los atributos en el caso de las carreteras en proyecto o en ejecución de desdoble. Se han trazado rutas antes y después de las modificaciones y se han comparado la diferencia de tiempos. También se han elaborado isocronas, para comparar los efectos que tendrían las diferentes infraestructuras. La superposición de isocronas de una jornada de 8 horas muestran de modo muy gráfico la conveniencia de algunas obras consideradas en los planes anteriormente mencionada. De este modo se acabarían por implementar el resto de los pasos tomados del modelo de CALKINS.

## 2. ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA Y LA BASE DE DATOS

El modelo de red final tiene más de 90.000 arcos conteniendo todas las posibilidades de ruta entre Marruecos y la UE excepto las líneas aéreas. La cartografía base ha sido la Digital Chart of the world sobre la que se han digitalizado las líneas marítimas. La creación de la nueva red ha pasado por una fase de unión y digitalización y otra de actualización de la base de datos.

### 2.1. La elaboración de la red

La información tomada de la Digital Chart of the World<sup>4</sup> fueron dos capas: una con trenes y otras con ferrocarriles. La información sobre el norte de África fue tomada a través del servidor de *ESRI*<sup>5</sup> que eran más recientes y densas que las disponibles en el CD.

La información contenida era en origen:

#### *Capa de carreteras:*

- Vías dobles (autovías y autopistas)
- Carreteras primaria y secundarias.
- Circuito urbano y periurbano.
- Carreteras primarias y secundarias

4. Esta carta está digitalizada conforme al elipsoide de Clark 1866. Las distorsiones por latitud tienen que ser corregidas en cada modificación o creación de arco para conseguir la medida en metros más aproximada a la realidad. Esto se consigue mediante un *script* que utiliza el elipsoide GRS80

5. World Base Map <http://mapserver2.esri.com> octubre 2002

Figura 1. *Atributos previos de la capa de carreteras*

Attributes of Roads.shp		
Shape	Type_desc	Stat_desc
PolyLine	Track, trail, or footpath	Functioning
PolyLine	Primary and secondary road	Functioning
PolyLine	Dual lane (divided) highway	Functioning
PolyLine	Connector within urbanized are	Schematic road (urbanized areas only)

FUENTE. Elaboración propia.

### *Capa de ferrocarril:*

Ferrocarriles urbanos y metropolitanos.

Ferrocarriles de vía única.

Ferrocarriles de vía doble

Figura 2. *Atributos de la capa de ferrocarril*

Attributes of Ferro.shp		
Shape	Type_desc	Stat_desc
PolyLine	Added railroad connector	Schematic rail line (urbanized areas)
PolyLine	Multiple track railroad	Functioning
PolyLine	Single track railroad	Functioning
PolyLine	Added railroad connector	Compiled railroads

FUENTE. Elaboración propia.

Ambas capas fueron unidas en una sola sin conexión entre sí, con el propósito de decidir en qué puntos podía establecerse las conexiones que permitieran el cambio de modo de ferrocarril a carretera y viceversa. Estas conexiones se realizaron con la herramienta *Split line* quedando unos pequeños segmentos que posteriormente consideraremos como puntos de *transferencia modal*. Los pasos siguieron el siguiente orden.

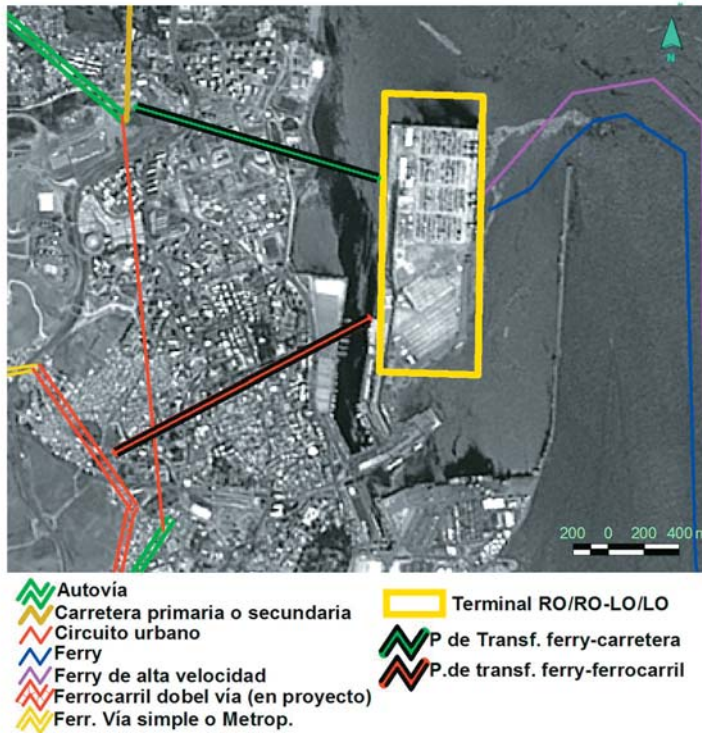
- a) Unión de las dos coberturas sin conexión entre ambas.
- b) Creación de los puntos de conexión en los puntos geográficos donde estas actividades pueden realizarse.
- c) Digitalización de las líneas marítimas y las correspondientes conexiones con la red terrestre.

## 2.2. *Actualización de la base de datos*

El contenido de la base de datos fue actualizado siguiendo los siguientes pasos:



Figura 3. Ejemplo de punto de transferencia en el puerto de Algeciras incluyendo las obras previstas en el PDIA



FUENTE: Elaboración propia con datos de COPT.

- Creación del campo distancia con  $[Shape].returnlength$  y cuyo resultado vino dado en grados decimales de acuerdo con la proyección de la capa.
- Creación y actualización de otro campo «meters» con el valor traducido de grados a metros<sup>6</sup>.
- Creación de un campo incluyendo la velocidad media en cada segmento.
- Creación de un campo «velocidad» con el contenido de «metros/hora».
- Creación del campo «impedance» resultando de dividir el campo «distancia» entre «velocidad». El contenido viene expresado en horas<sup>7</sup>.

6. Esta operación se realizó gracias al script mencionado que la posibilitaba, considerando además las distorsiones según la latitud.

7. Siguiendo el sistema decimal, 0.5 horas serán 30 minutos.

Tabla 3. *Atributos de velocidad*

<i>Modo de transporte</i>	<i>Velocidad media</i>
Ferrocarril doble vía.	100.000
Ferrocarril vía simple.	70.000
Carretera doble vía.	100.000
Carretera primaria o secundaria	80.000
Caminos	40.000
Ferry	38.000
Ferry alta velocidad	70.000
Porta-contenedores*	28.000

\*Sólo se tiene en cuenta para rutas lo/lo.

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio de Fomento (2001) y encuesta<sup>8</sup>.

Las velocidades se establecieron, tras el trabajo de campo en el Canal de la Mancha, Mar de Irlanda, Mar del Norte, Estrecho de Gibraltar, Marruecos y Levante Español. Estas se contrastaron con los datos aportados por el Observatorio del Transporte MINISTERIO DE FOMENTO (2001) y otras documentaciones quedando la tabla de velocidades medias siguientes:

Figura 2. *Atributos de la capa de ferrocarril*

Attributes of Ceuta.shp					
<i>Shape</i>	<i>Type_desc</i>	<i>Mts./hora</i>	<i>Impedance</i>	<i>Length</i>	<i>Meters</i>
PolyLine	Ferr. Vía simple o Metrop.	40000	0.003500	0.00142014	140
PolyLine	Ferry	28000	4.065393	1.02706988	113831
PolyLine	Ferr. Doble Vía	100000	0.456180	0.46033678	45618
PolyLine	Autovía	100000	0.467100	0.46022392	46710
PolyLine	Circuito urbano	40000	0.000000	0.02102760	2312
PolyLine	Ferry Alta Velocidad	70000	0.166471	0.10880330	11653
PolyLine	Carr. 1ª/2ª	70000	0.059643	0.03823117	4175
PolyLine	Transferencia Mar-Carretera	0	0.750000	0.01523199	0

FUENTE. Elaboración propia.

Los puntos de transferencia tienen una impedancia variable que no ha sido establecida en función a la distancia del arco, que es despreciable, sino en función del tiempo estimado de cara y descarga. Las diferencias fundamentales son zonales (Canal de la Mancha, mediterráneo y Marruecos).

8. Aunque la velocidad media oscila entre los 12 y 18 nudos, se ha tomado el valor de 15 a partir del documento Transportation Modes. The Geography of Transportation [http://www.people.hofstra.edu/geotrans/eng/gallery/TG\\_Chapter%203.pdf](http://www.people.hofstra.edu/geotrans/eng/gallery/TG_Chapter%203.pdf) (19/11/03) habiéndose consultado con pilotos marinos que han considerado como aceptable la propuesta.

Tabla 4. *Tiempos empleados en puntos de transferencia*

<i>Zona</i>	<i>Tiempo de transferencia de modo</i>
Mar del Norte y Canal de la Mancha	0.75 horas
Mar de Irlanda	1.50 horas
Mediterráneo.	1.50 horas
Algeciras	1.00 horas
Tánger y Casablanca	2.00 horas

FUENTE: Elaboración propia con datos de entrevistas y trabajo de campo.

Tabla 5. *Casos concretos*

<i>Puntos de transferencia</i>	<i>Tiempo estimado en horas</i>
Eurotúnel	0.50
Trasvase mar-ferrocarril*	8.00-48
Trasvase carretera-ferrocarril ro/ro <sup>9</sup>	1.00
Trasvase carretera-ferrocarril lo/lo*	8.00-48

FUENTE: Elaboración propia con datos de entrevistas y trabajo de campo.

Tras una serie de pruebas se ha ido corrigiendo la conectividad en función de los trayectos que iba trazando la herramienta *Network*, la cual proporcionaba rutas ilógicas al encontrarse con barreras provocadas por errores en la digitalización y/o en la actualización de los atributos de los arcos<sup>10</sup>. Estos errores se manifestaban como pntos de inflexión en las rutas y en los trazados de isocronas. En la digitalización de rutas marítimas se ha evitado en lo posible la multiplicación de rutas entre la multitud de puntos, buscando en lo posible la coincidencia de rutas en los ejes más importantes. De este modo se ha sacrificado la línea recta en el mar, opción posible y deseable en el trazado de rumbo, pero que en las largas distancias suele alterarse. La diferencia en distancia puede oscilar de un 5 a un 10% de aumento<sup>11</sup>, pero siempre dentro de corredores que contienen a las rutas marítimas y que tienen varias millas de anchura.

9. Estos casos son exclusivos de algunas zonas de actividad logística en centro-europa y normalmente con ruta a través del Eurotúnel.

10. Hay que tener en cuenta que se ha procurado simplificar las rutas marítimas con arcos comunes para no saturar la red ni el sistema.

11. En las travesías marítimas, especialmente en las atlánticas, los tiempos son siempre aproximados, ya que el trayecto depende de corrientes y condiciones climatológicas, por lo que no puede tratarse de un trayecto rectilíneo.

### 3. EL ANÁLISIS

El análisis se dividió en los mismos apartados que la metodología, una primera parte con el análisis de las rutas actuales, donde se averiguó el valor de cada uno de los modos de transporte en la cadena total, el valor estratégico de algunas rutas y la definición de corredores. La segunda parte se aplicarán los estudios de las isocronas sobre la red considerando diversas modificaciones.

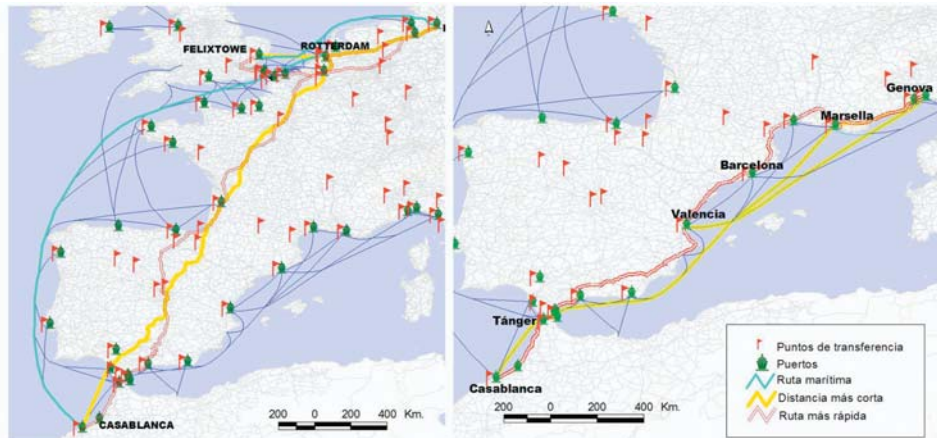
#### 3.1. *Análisis de rutas*

Las líneas regulares hacia Europa con escala en el puerto de Casablanca se agrupan en dos zonas: una atlántica y otra mediterránea dependiendo de los destinos. Ambas zonas tiene propiedades diferentes con repercusiones sobre los modos de transporte y sobre las posibilidades logísticas.

##### 3.1.1. Las rutas atlánticas

Constituyen el 42% de las líneas con la Unión Europea y además las de mayor longitud. Las escalas son más numerosas y exceptuando una línea con Lisboa, todas tienen escalas al norte del Golfo de Vizcaya y de 30 escalas sólo 6 son puertos al sur del Canal de la Mancha. Los buques empleados son necesaria-

Figura 5. *Ejemplo de ruta atlántica y mediterránea*



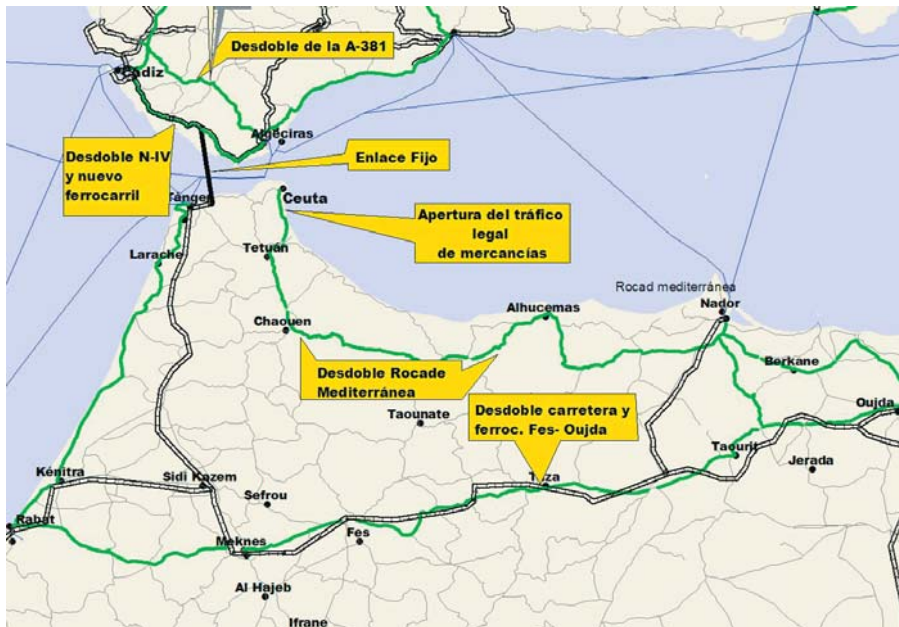
FUENTE: Elaboración propia.

mente mayores que los que operan en el Mediterráneo, debido a las grandes travesías cubiertas, así como el número de puertos a los que arriba, siendo un 50% más de escalas que en Mediterráneo.

### 3.1.2. Las rutas mediterráneas

En esta zona entran ya los puertos del norte de África, los cuales tienen el 98% de sus líneas regulares volcados hacia esta cuenca, estando el otro 1% volcado hacia el puerto de Cádiz. Suponen el 58% de las líneas regulares desde el puerto de Casablanca hacia la Unión Europea, aunque con un menor número de escalas, estando éstas mucho más distantes unas de otras, a pesar de lo cual las travesías son menores que en la zona atlántica. El puerto con más escalas es el de La Spezia en Italia, siguiendo con tres cada uno los de Valencia, Barcelona y Génova uno. Todas las rutas pasan necesariamente por el estrecho de Gibraltar, siendo las escalas en el Levante Español, tanto intermedias como terminales. De las nueve líneas que hacen escala en puertos del Arco Mediterráneo, sólo tres no hacen escala en Barcelona o Valencia.

Figura 6. Localización de las obras proyectadas o en ejecución



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía 2002, SECEGSA 2000 y CETMO.

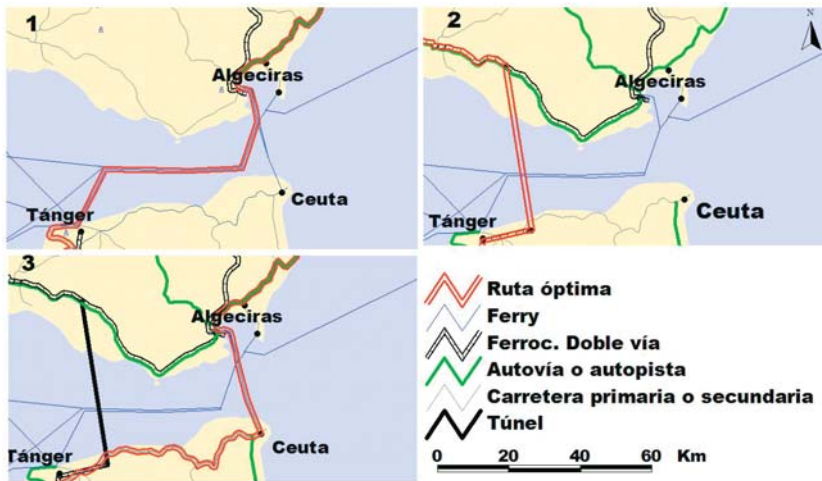
#### 4. VALORACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN PROYECTO O EJECUCIÓN EN EL ENTORNO DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Las infraestructuras en proyecto o ejecución son las siguientes.

- a) Desdoble de la A-381 Entre Algeciras y Jerez. (en construcción)
- b) Desdoble de la N-IV entre Algeciras y Cádiz.
- c) Ferrocarril de doble vía entre Algeciras y Cádiz.
- d) Enlace Fijo en el Estrecho de Gibraltar.
- e) Apertura del tráfico legal de mercancías en la frontera de Ceuta<sup>12</sup>.
- f) Desdoble de la autovía «Rocade» entre Ceuta y Oujda. (En construcción).
- g) Desdoble de la carretera entre Fes y Oujda.
- h) Doble vía entre Fes y Oujda.

Se han comprobado las rutas entre Casablanca y diferentes puntos de Europa con la opción intermodal más rápida en la actualidad, volviendo a realizar la misma operación con cada una de las infraestructuras nuevas.

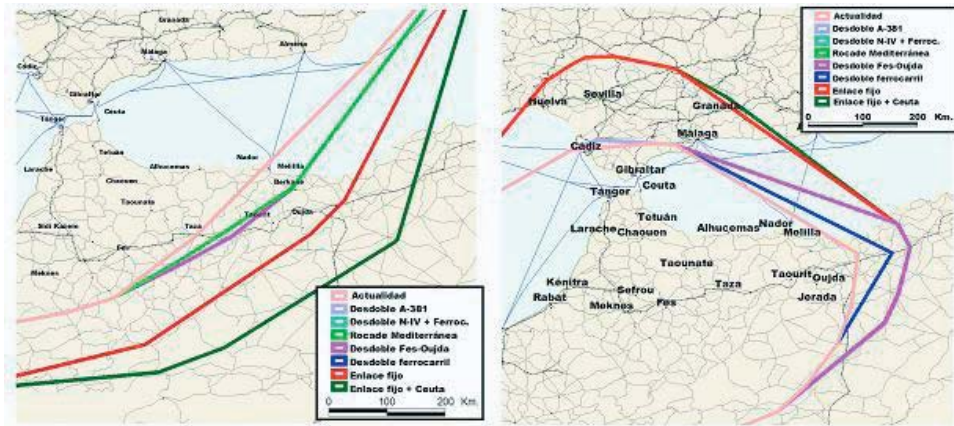
Figura 7. Ejemplo de ruta entre Casablanca y Hamburgo comparando el papel de la apertura de la frontera de Ceuta y el futuro enlace fijo



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía 2002, SECEGSA 2000 y CETMO.

12. Hoy no permitido por el gobierno marroquí.

Figura 8. *Isocronas de 8 horas desde Algeciras (izquierda) y Casablanca (derecha) con las diferentes infraestructuras proyectadas*



FUENTE: Elaboración propia

En este caso se puede apreciar claramente los cambios de rutas tan drásticos que se realizarían de existir la alternativas propuestas, quedando en evidencia la conveniencia de la construcción del Enlace Fijo frente a la posibilidad de utilizar el Puerto de Ceuta<sup>13</sup>.

Posteriormente se han superpuesto las isocronas de 8 horas correspondientes a cada una de ellas.

En este caso se representan los efectos más relevantes, de modo que hacia el sur, por ejemplo, la isocrona correspondiente al desdoble de la A-3B1 quede oculta tras la isocrona correspondiente al radio actual. Mientras que hacia el norte sobre la Península Ibérica no tengan efecto las nuevas autovías cuando la ruta comienza en Casablanca. Vuelve a ponerse de manifiesto la importancia del enclave de Ceuta frente a un hipotético Enlace Fijo.

## 5. VALORACIONES FINALES

Como valoración general de las rutas atlánticas se aprecia claramente la existencia de un corredor central para la opción multimodal que tomaría la ruta marítima entre Tánger y Algeciras para cubrir por carretera el resto del trayecto desde Málaga

13. Esta posibilidad hoy no es posible al negar el Gobierno Marroquí la entrada de camiones a través de la frontera de Ceuta.

hacia Madrid, País Vasco, Hendaya y París. La alternativa de menor distancia se aleja siempre más en la Península Ibérica, uniéndose tan sólo en el entorno de Madrid. Esta circunstancia refleja el alejamiento de la ruta más corta que supone para el trazado del viario en España debido al relieve, pero también a la menor densidad en la red de autovías. Hasta llegar a Rotterdam, el trayecto por carretera es competitivo en tiempo con el transporte marítimo, suponiendo un límite aproximado para un trayecto sobre la base de una semana laboral, siempre que no se tomen en cuenta los descansos reglamentarios en todos los casos. De todas formas se trata de rutas muy largas en las que las primeras escalas están a más de 2.000 km. en la mayoría de los casos.

El centro de Europa tiene dos vías de acceso claras desde el Norte de África: por una parte están las rutas atlánticas cuya alternativa por tierra atraviesa por el centro de la Península Ibérica y por otra las rutas mediterráneas, con la alternativa terrestre del Levante Español. En ambos casos se presenta como paso estratégico la Provincia de Málaga, erigiéndose como eje fundamental en la costa mediterránea andaluza, pero con un valor significativo a la hora de consolidar el extremo del Arco Mediterráneo como bloque suprarregional. Además, destaca el papel estratégico dentro de la logística multimodal debido a alternativas que ofrece en las comunicaciones con los puertos de la Europa Mediterránea, los cuales se muestran como el mejor acceso para el mercado de la Europa más continental, incluyendo los puertos del Báltico, con todo su *hinterland* desde Alemania hacia los países del este.

Un reforzamiento de los servicios intermodales en el levante español podría por un lado absorber tráfico del estrecho pero por otra parte podría favorecer el aumento de tráfico en el estrecho buscando las líneas que unen con el centro de Europa.

En la costa mediterránea española, el puerto de Valencia se sitúa en primer lugar, como una escala de paso intermedia para buques portacontenedores, sin servicio ro/ro. En comparación con las rutas atlánticas hay que añadir la evidencia de que la diferencia entre los cocientes b) y a) (tabla2) punto siempre da negativo en las rutas mediterráneas, lo que indica una posición más favorable de los trayectos marítimos frente a los terrestres, sugiriendo la explotación de estas líneas con un incremento de velocidad, resultando las más idóneas para protagonizar las propuestas de las autopistas del mar, con un empleo lógico de las rutas de ferries para aprovechar el descanso reglamentario.

Teniendo en cuenta el peso que tienen proyectado los corredores de mercancías previstos hacia los países del este, habría que plantearse el resultado que tendría el incrementar la velocidad de los buques que operan en el Arco Mediterráneo. Un incremento de 5 nudos (la velocidad podría incrementarse en 15) sería una alternativa altamente competitiva frente a los enlaces terrestres, descongestionando además los corredores internos.

## BIBLIOGRAFÍA

BOILE, A. (2005) intermodal transportation network analysis – a GIS application. [http://www.transportation.njit.edu/nctip/final\\_report/Intermodal\\_Commuter\\_Corridors.htm](http://www.transportation.njit.edu/nctip/final_report/Intermodal_Commuter_Corridors.htm). 10/11/05.



- CALKINS, H. (1990) «GIS and public policy». *Geographical Information Systems* Vol 2. Applications ed.
- CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA (2001) «Actuaciones desarrolladas por la Junta de Andalucía en el marco de la Iniciativa Comunitaria INTERREG II España Marruecos» 190 págs.
- CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1998) «Plan de Ordenación Territorial de Andalucía POTA». Ed. Junta de Andalucía. 195 págs.
- , (1998) *Plan Director de Infraestructuras de Andalucía PDIA*. Ed. Junta de Andalucía. 259 págs.
- , (1998) «Plan de ordenación del territorio de la Comarca del Campo de Gibraltar. Memoria de ordenación» Ed, Junta de Andalucía, 164 pp
- DAGANZO.C. F. (1988)«A comparison of in-vehicle and out-of-vehicle freight consolidation strategies». *Transportation research* B.22 (b) (3). 1988. págs. 173-180.
- EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTRY OF TRANSPORT (E.C.M.T)( 2001) *Short Sea Shipping in Europe* 78 pp
- GUTIERREZ PUEBLA Y URBANO (1996) «Accessibility in the european unión : the impact of the transeuropean road network. *Journal of Transport Geography*, vol 4 nº1 pp 15-45.
- HAYUTH (1992) «Multimodal Freight Transport». *Modern Transport Geography*. Ed. Hoyle.B.S.Knowles.R.D. Londres 1992. pp 199-215
- INSTITUT FRANÇAISE DE LA MER. «Transport de marchandises sur les grands axes europeens. *Recherche de routes alternatives terre-mer*». 1992. págs. 140. Rapport.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2002) *Observatorio de costes de transportes por carretera*. 17 págs. Report.
- SERDERIDIS (1988) «Le transroulage face à l'Eurotunnel: perspectives d'avenir pour les ports belges». *Hommes et Terres du Nord*. 1-2. 1988. págs. 54-66.
- SECEGSA (1994-2001). *Informe estadístico del tráfico entre el Magreb y la UE*. Private Report.
- TURTON Y HOYLE(1986) «Short Sea Crossing and the Channel Tunnel» Ed. Turton&Hoyle, 125 págs.
- WILLINGALE, M.. «The port-route behaviour of short-sea ship operations: Theory and practice». *Maritime policy and management*. 8. (2). 1981. págs. 109-120.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer constar mi agradecimiento a Khalid Louazi, coordinador técnico de la fundación Forja XXI en Tetuán, Marruecos, por su colaboración en mi trabajo de campo en Marruecos y por su imprescindible ayuda en la traducción de documentos.