



Incidencia de la altura de las olas en las rutas de navegación de corta distancia en el Mediterráneo

F. Xavier Martínez de Osés and Marcel·la Castells

Grupo de investigación Transmar - Departamento de ciencias e ingeniería náuticas, Univ. Politècnica de Catalunya, Barcelona

Recibido: 21-IX-2006 – Aceptado: 20-XII-2006 – **Versión Traducida**

Correspondencia a: fmartinez@cen.upc.edu

Resumen

Según la reciente reseña de medio plazo del libro blanco de la UE sobre el transporte, se espera que la navegación de corta distancia en aguas de la UE crezca del 2000 al 2020 en un 59% en volumen (toneladas métricas). Si tenemos en cuenta que el crecimiento global esperado en intercambios de carga es de un 50% (también en volumen), el transporte marítimo es uno de los medios más factibles para reducir la congestión de tráfico en las rutas europeas. Los barcos de alta velocidad son posiblemente un medio que puede competir con los transportes de carretera en algunos determinados tránsitos; sin embargo, estos barcos se ven afectados por el tiempo inclemente. Este documento analizará la influencia del tiempo en algunas rutas de navegación mediterráneas de corta distancia recorridas por barcos rápidos.

1 Introducción

La Comisión Europea y los Estados Miembros han observado que el transporte en Europa está creciendo a gran velocidad y que antes del 2020, las cifras para el transporte interior europeo, incluyendo los nuevos Estados Miembros de la UE, mostrarán un crecimiento de más del 50% en volumen, y que estos valores serán absorbidos sobre todo por el transporte por carretera. Sin embargo, el transporte por carretera plantea bastantes más problemas medioambientales que el transporte marítimo, así como un porcentaje más alto de congestión de tráfico, contaminación, ruido, y accidentes. Aunque Europa necesite todos los medios de transporte para asegurar la movilidad necesaria de la gente y para los negocios, la navegación de corta distancia integrada en una cadena de transporte eficiente parece ser una elección potencial para evitar la congestión, mejorar los accesos y proporcionar rutas de transporte fluidas.

Hay algunas mercancías y tráficos en los que el coste superior del tráfico marítimo dentro de una cadena de transporte intermodal (por culpa de los sistemas legales, las diferencias de infraestructura o un transporte menos desarrollado) (Blonk, 2003) podría ser asumido por el uso de unidades de transporte más caras, como barcos de alta velocidad.

El objetivo principal de este documento es el de realizar

un análisis de las condiciones marítimas en el Mediterráneo occidental, para evaluar las condiciones para los barcos rápidos en cinco rutas realizables, y su competitividad en relación al transporte por carretera. El documento está dividido en dos secciones principales. En primer lugar, una breve descripción de las rutas de navegación de corta distancia al suroeste de Europa, donde se describen algunas investigaciones previas. En segundo lugar, un análisis de las condiciones marítimas que afectarían a las rutas propuestas, sobre todo en lo que respecta a la altura de las olas y su efecto sobre los barcos de alta velocidad.

2 Estado actual de la navegación de corta distancia en Europa

En esta sección, haremos un repaso del estado actual de la navegación a corta distancia dentro de Europa. La navegación de corta distancia supuso el 19.5% del volumen total de bienes transportados por mar dentro de la UE-25 en el 2005. La cantidad total de bienes transportados por mar fue de 1.46 billones de toneladas (Institute, 2006) frente a un 58.2% transportados por carretera, que estuvo pues en primera posición con 4.36 billones de toneladas. En términos de toneladas y kilómetros, los ferrocarriles, el transporte flu-



Tabla 1. Distribución de los medios de transporte según la parte del mercado y los volúmenes en la UE-25, 2005. Fuente basada en la NEA.

Método de transporte	Cuota de mercado por tipos	Volumenes por repartimiento modal
Carretera	58.2%	4,359 Mt
Marítima corta	19.5%	1,464 Mt
Tren	12.2%	916 Mt
Navegación entre islas	5.5%	414 Mt
Otras	4.6%	343 Mt

vial y el transporte marítimo sólo supusieron el 5%. Pero basándose en un análisis del flujo de transporte y del desarrollo de las necesidades de transporte según el tipo de carga, el estudio antes mencionado prevé que entre el 2005 y el 2015 el tonelaje total de corta distancia crezca hasta un 31% de media.

La distribución de medios en el 2005 se muestra en la tabla 1.

La evolución esperada apunta hacia un ligero aumento en la parte de la navegación a corta distancia y una ligera pérdida de un 1% de la parte de mercado en transporte de carretera. A pesar de esto, queda todavía mucho camino por hacer para conseguir una red de transporte sostenible en una Europa ampliada (pronto formada por 27 miembros). Hay cuestiones importantes relacionadas con el transporte, como la contaminación o congestión en los territorios occidentales o el acceso a los bienes en los otros.

La Comisión Europea sabe que una manera rápida y efectiva de mejorar la política de transporte pasa por el uso incrementado de rutas de navegación de corta distancia y los llamados “fast ferries”. Sin embargo, muchos de estos barcos son considerablemente más sensibles a los vientos locales y a las condiciones de oleaje que la navegación más vieja y larga de remolque, lo que requiere una mejor exactitud y una resolución más alta de las previsiones meteorológicas a corto y medio plazo.

Las condiciones de las rutas marítimas en las conexiones europeas de navegación de corta distancia están determinadas por las olas (olas provocadas por el viento y la marejada) y las corrientes, y por vientos sobre la superficie marítima. Las olas y su impacto están cuantificadas por los datos espectrales de su energía: la altura de las olas y su forma, la longitud de las olas, el período y la dirección y el cambio dinámico de estos parámetros. Evaluar todos estos datos con distintos métodos y mostrarlos en modelos informáticos en un contexto sinóptico representará el estado actual, mientras que el pronóstico proporciona una previsión necesariamente más incierta. La evaluación de los datos se obtiene con medidas diferentes de plataformas diferentes, como boyas, barcos, aviones o satélites. Hay que distinguir distintas regiones marítimas con distintos regímenes meteorológicos: mar abierto (Atlántico Norte) y mares ce-

rrados con mar de fondo y áreas de aguas poco profundas (Mediterráneo, Báltico Occidental, Mar de Irlanda), donde los datos meteorológicos, su evaluación y control de calidad son distintos.

2.1 Carreteras del mar

Este concepto fue introducido por primera vez en el Documento sobre las Políticas de Transporte Europeas hacia el 2010. Según este documento, el transporte marítimo no es sólo un medio para llevar bienes de un continente a otro, sino una alternativa realmente competitiva al transporte por tierra. Por esta razón, algunas conexiones marítimas tendrían que estar incluidas como parte de la red de transporte transeuropeo, tal como pasa con las carreteras y los ferrocarriles, en un esfuerzo para reducir la congestión de carreteras y/o mejorar el acceso a regiones o países periféricos o islas. Además de las conexiones de transporte terrestre, ahora también se incluyen las conexiones marítimas, o “carreteras del mar” en la red TEN-T¹. Esto permite la conexión de logística de proyectos de transporte terrestre de distinta prioridad, lo que contribuirá a la mejora de la eficiencia global de las operaciones de la red de transporte europea. Las carreteras del mar son distintas de otros proyectos de transporte prioritario y sus normas han sido descritas en el Artículo 12a de las normas del TEN-T.

La red consistirá en instalaciones e infraestructuras que afectan al menos a dos puertos en dos países miembros. Teniendo en cuenta la fecha próxima de publicación de la lista de puertos incluidos en la red MoS, analizaremos qué tipo de barco encajará mejor en algunos de los puertos propuestos, para asegurar un auténtico cambio de modalidad. Una vez entendida la importancia del transporte marítimo, las condiciones marítimas y más especialmente el análisis de la altura de las olas serán los temas que trataremos en este trabajo, como una contribución para recomendar cuál es el mejor barco para una ruta determinada, teniendo en cuenta su sensibilidad al mar y a las olas.

3 Investigación previa y rutas seleccionadas

La investigación previa hecha por el grupo de investigación TRANSMAR integrado en la Universitat Politècnica de Catalunya era el proyecto INECEU, propuesto después de un estudio exhaustivo sobre las líneas multimodales alternativas frente al transporte terrestre (Olivella et al., 2005). Teniendo en cuenta las cifras del tráfico de carretera que pasa por las fronteras de los Pirineos, el grupo analizó la mayoría del volumen de carga transportado entre España y Francia. Entre todas las regiones de España tendríamos que destacar la actividad de Cataluña, del País Vasco, Valencia y Andalucía. Sus volúmenes de carga podrían ser transportados por transporte marítimo a través de los puertos de la costa mediterránea. Por lo que respecta a la naturaleza de

¹TEN-T: Trans European Network - Transport.

la carga, tendríamos que recalcar que el sur y el sureste de la Península Ibérica junto con la costa de Valencia son grandes productores de fruta y verdura. De hecho, el grupo de comida de fábrica o envasado y las bebidas alcohólicas son uno de los grupos más grandes, dentro de la carga exportada desde España. Además, hay un tráfico importante que implica materia sólida, como por ejemplo material para la construcción o chatarra, así como aceite y productos químicos de puertos con refinerías próximas que están firmemente comprometidos a cambiar los camiones que transportan sustancias peligrosas o tóxicas de la carretera por barcos con contenedores diseñados especialmente, o Ro/Ro's², que beneficiarían a la actividad de transporte en su conjunto. El estudio concluyó que:

- La navegación de corta distancia de la cuenca mediterránea necesita destinos de más de 800 km de distancia para tener una justificación económica. Teniendo en cuenta las limitaciones de conducción y los períodos de descanso, esta cifra viene de la distancia máxima a la cual un camión puede viajar en un día de trabajo. Después de este punto, el conductor tiene que pararse y seguir al día siguiente, mientras que un barco puede navegar a una velocidad menor pero todo el día.
- Las condiciones geográficas y económicas en el Mediterráneo son variables que promueven la ampliación del transporte marítimo y reducir de este modo la congestión en los Pirineos, aunque eso siga implicando sólo una pequeña participación en las cifras globales.
- La circulación de barcos rápidos en este tipo de tráfico podría estar justificada con viajes de menos de 12 horas y cuando el coste no es tan alto, a condición que se pueda garantizar un tiempo menor de entrega. La limitación a 12 horas proviene de la legislación de seguridad, ya que si se excede este tiempo, se necesita una segunda tripulación, lo que multiplica el coste de la operación. La reducción en el tiempo de navegación para las velocidades consideradas es de cerca de un 50%, debido a las distintas velocidades de crucero de los barcos que en el proyecto INECEU tenían en cuenta (18 nudos en barcos convencionales hasta 40 nudos en barcos rápidos). El coste operacional dobla el de los barcos convencionales.
- Las condiciones meteorológicas tendrían que ser tenidas en cuenta sobre todo cuando se trata de tráfico de barcos rápidos.

4 Análisis de rutas mas convenientes

Del estudio antes mencionado, se obtuvieron hasta 15 rutas basadas en un mejor tiempo y en un mejor coste del

²Barcos Ro/Ro, "Roll on roll off", que significa que su carga entra y sale del barco en ruedas.

transporte multimodal con respecto al transporte por carretera. Este trabajo presentará una parte de un análisis más profundo iniciado por la aspirante a doctora Marcel·la Castells, que analizó más variables del tiempo meteorológico en las rutas.

En la etapa inicial del estudio, sólo se consideraron 5 rutas como alternativas al transporte de carretera. Estas 5 rutas se encuentran en la tabla 2, incluyendo una ruta atlántica para compararla con las mediterráneas.

La limitación del clima es un factor a tener en cuenta cuando se analiza una ruta, pero su importancia crece cuando la ruta podría ser recorrida por barcos de alta velocidad. Estos están sujetos a restricciones derivadas de la altura significativa de las olas tal como lo señala el Código HSC. Esto significa que en ciertas condiciones meteorológicas un barco no podrá navegar o necesitará buscar refugio mientras esté en el mar. Por lo tanto, es necesario saber el tiempo potencial durante el cual este tipo de barcos están fuera de servicio en estas rutas donde la altura registrada de las olas excede el límite.

Según un estudio hecho por Austal Ships, a bordo del barco de alta velocidad Stena HSS en ruta por el mar de Irlanda, se obtuvo una cifra de anulación de sólo 0.3% para una base de 5000 navegaciones, un buen resultado si tenemos en cuenta que un 1% sería aceptable para este tipo de barco. Tendríamos que tener en cuenta que el Canal Saint George y el Canal del Norte están protegidos de los vientos tempestuosos del oeste, pero están sujetos a olas erráticas causadas por ráfagas de viento. Es el caso de los vientos del sur que tienen un efecto de embudo, desarrollando fuerte mar de viento de aquel sector a la parte meridional y también fuerte mar de viento tempestuoso del oeste y del noroeste de fuerza 9 en la parte septentrional³.

En nuestro estudio hemos tenido en consideración las condiciones siguientes:

- Barcos convencionales, los que llegan a 23 nudos.
- Barcos rápidos (de 23 a 30 nudos) que pueden operar sin restricciones de velocidad o de rumbo con olas de hasta 3 metros de altura (Beaufort 6).
- Barcos de alta velocidad que tendrían que seguir el manual operacional, donde las limitaciones operacionales están previstas hasta con las peores condiciones, estableciendo las reducciones de velocidad:
 - Medio nudo para cada medio metro de ola hasta 2 metros
 - Un nudo para cada medio metro de ola entre 2 y 3 metros.
 - Dos nudos para cada medio metro de ola a partir de este punto.

En breve, los siguientes escenarios serán analizados (ver la tabla 3 para más detalles):

³Libro del Piloto del Mar de Irlanda. Parte del mar y el oleaje 1.144 página 25. British Admiralty.

Tabla 2. Cadenas multimodales consideradas más eficientes que el transporte por carretera. Fuente: Análisis propia, 2006.

Área origen	Puerto de carga	Port de descarga	Destino
Madrid (Centro España)	Valencia	Nápoles	Nápoles
Barcelona (NE España)	Barcelona	Civitavecchia	Roma
Alacant (E España)	Alicante	Génova	Milan
Burgos (NE España)	Tarragona	Génova	Milan
Benavente (NW España)	Gijón	Hamburg	Berlin

- Para barcos convencionales (velocidad de menos de 23 nudos), días en que la altura significativa de las olas sería superior a 4 metros.
- Para barcos rápidos: días en que la altura significativa de las olas sería superior a 3 metros.
- Para barcos de alta velocidad:
 - Mareo: días en que la altura significativa de las olas sería superior a 1.5 metros y afectaría a un período de navegación superior a 2 horas. Se haría el viaje pero el 90% de los pasajeros se marearían.
 - Cancelación: días en que la altura significativa de las olas sería superior a 2.5 metros y afectaría a un período de navegación superior a 2 horas.

5 Resultados del análisis

El componente meteorológico se obtuvo a partir de la comparación de las particularidades del barco antes mencionadas y los datos de altura de las olas suministrados por diferentes boyas oceanográficas situadas a lo largo de las rutas seleccionadas. Los datos de oleaje han sido considerados los datos de referencia porque a pesar de otras variables meteorológicas, como la velocidad o dirección del viento o de la niebla, el estado del mar es el parámetro utilizado por razones de seguridad por el IMO⁴ y compañías de clasificación para establecer límites operacionales para los barcos de alta velocidad a causa de sus particularidades de construcción, como una resistencia estructural menor y un uso masivo de materiales ligeros. Debido a estas razones son más sensibles al mar que un barco de casco de acero.

Hemos utilizado boyas locales situadas cerca de las rutas de los barcos porque a pesar de la existencia de modelos de predicción, para las embarcaciones de alta velocidad los datos reales son más utilizados porque sus trayectos son cortos y las predicciones en general van más allá del tiempo de tránsito. Algunos proyectos europeos han tratado esta cuestión como Alas para los barcos o SPIN-HSV⁵, coincidiendo con el hecho de que la predicción tendría que corregirse con las observaciones hechas a bordo y dando salidas de muy corto plazo. Sin embargo, queremos recalcar

⁴International Maritime Organisation, situada en Londres.

⁵Quinto plano de proyectos europeos, liderados por la Compañía METTLE, centrados en la eficiencia de los barcos de alta velocidad.



Figura 1. Situación de las boyas meteorológicas próximas a las rutas seleccionadas. Fuente: Eurometeo.

los servicios específicos o a petición de Meteoconsult o Nowcasting Ltd. entre otros o la posibilidad de obtener información gratuita de los modelos de predicción como Meteosim o UAM, entre otros.

Los datos se obtuvieron principalmente de las distintas direcciones siguientes:

- En España, los datos están disponibles en el cuaderno de información de tiempo y oceanografía en la página web de “Puertos del Estado”. Hay un enlace con la red de medición de parámetros físicos de las olas, como el viento, las corrientes, las temperaturas entre otros, distribuidas en seis distintas redes según los datos recogidos.
- Las condiciones meteorológicas de las costas alemanas se encuentran en “Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH” ejecutando mediciones de olas en sus áreas de responsabilidad.
- En las costas francesas, las mediciones de olas son realizadas por el “Centre d’Etudes Techniques Mariti-

Tabla 3. Diferentes l3mites de altura de las olas para los barcos seleccionados.

Escenarios	Ao (m)
Barcos r3pidos (HSC) Mareos	> 1.5
Barcos r3pidos (HSC) cancelaci3n	> 2.5
Ro/Pax r3pido	> 3.0
Convencional	> 4.0

mes et Fluviales” y el “Centre d’Archivage National de Donn3s de Houles in Situ”, CANDHIS, y tambi3n en www.meteofrance.com.

- Las costas italianas est3n inspeccionadas por la instituci3n “Idromare”, que proporciona informaci3n sobre la altura de las olas y el viento.
- La informaci3n sobre las olas en el Mediterr3neo occidental se encuentra disponible en <http://www.eurometeo.com>, (datos obtenidos el 08/02/2006).

Los datos utilizados han sido principalmente la altura significativa de las olas (Hs), a trav3s de la informaci3n de las boyas meteorol3gicas seleccionadas mostradas en las p3ginas web antes mencionadas. La altura significativa de ola H1/3 o Hs, es la altura media del tercio m3s alto observado.

Hemos registrado las diferentes ratios de altura de las olas en cada una de las rutas seleccionadas, teniendo en cuenta la ruta que el barco podr3a seguir.

- La primera ruta, de Valencia a N3poles, es de 710 millas n3uticas y pasa por las boyas de las Islas Baleares, Cerdeña, el Cabo Comino y Ponza.
- La segunda ruta, de Barcelona a Civitavecchia, de 439 millas n3uticas y pasa cerca de las boyas de Cerdeña, el Cabo Comino y el Cabo Lınaro.
- La tercera ruta, de Alicante a G3nova, tiene 560 millas n3uticas y pasa cerca de las boyas de Alicante, Barcelona, Porquerolles y Niza.
- La cuarta ruta, de Tarragona a G3nova, tiene 399 millas n3uticas y pasa cerca de las boyas de Tarragona, Barcelona, Porquerolles y Niza.
- La quinta ruta, de Gij3n a Hamburgo, es de 987 millas n3uticas y pasa cerca de las boyas de Gij3n, Ouessant, Cherbourg, Dunkerque, Elbe y Helgoland.

De los an3lisis de los datos anteriores obtuvimos los resultados mostrados en la tabla 5. Estos resultados muestran el porcentaje m3ximo de probabilidades que cada tipo de barco tendr3a para encontrar el nivel de altura de las olas seleccionado en cada ruta. La tabla 5 proporcionar3a algunas conclusiones, relacionando el tipo de barco y su posibilidad de encontrar condiciones meteorol3gicas adversas que podr3an entorpecer la navegaci3n adecuada de los barcos, forz3ndolos a reducir la velocidad o incluso a cancelar el viaje.

Tabla 4. Ratio m3xima de las boyas de los l3mites de altura de las olas.

Hs (m)	> 1.5 m	> 2.5 m	> 3.0 m	> 4.0 m
Alicante	4.42%	0.66%	0.24%	0.03%
Barcelona	2.44%	0.33%	0.04%	0.00%
Porquerolles	37.72%	12.68%	4.14%	0.07%
Niza	1.94%	0.11%	0.03%	0.00%
Tarragona	2.01%	0.11%	0.02%	0.00%
Gij3n	49.39%	17.21%	8.39%	2.40%
Ouessant	64.93%	39.62%	24.33%	5.80%
Cherbourg	1.30%	0.00%	0.00%	0.00%
Dunkirk	17.80%	4.82%	2.24%	0.00%
Elbe	23.00%	5.30%	2.40%	0.25%
Helgoland	23.70%	5.50%	2.20%	0.10%

A primera vista, podemos decir que:

- La ruta 2 entre Barcelona y Civitavecchia ofrece las mejores condiciones para los Ro/Pax r3pidos e incluso para los barcos de alta velocidad, con una ratio anual de olas superiores a los 3 metros de 3.88% y un nivel de cancelaci3n de un 7% pero con un porcentaje de mareo del 45%. Evidentemente, en este an3lisis no hemos tenido en cuenta una posible desviaci3n de la ruta para evitar el mal tiempo, lo que reducir3a estos porcentajes.
- Las rutas 3 y 4 muestran las mejores condiciones para los barcos convencionales con s3lo un 0.07% de casos de olas superiores a los 4 metros. El valor de mareo para los barcos de alta velocidad es el m3s bajo de las cinco rutas.
- Tal como era de esperar, la ruta atl3ntica muestra las peores condiciones meteorol3gicas de media. El porcentaje de cancelaci3n crece hasta un 39.2% y el de mareo hasta un 65%.

El an3lisis no puede detenerse en este punto, ya que las cifras podr3an traducirse en otras m3s 3tiles. Considerando la frecuencia o n3mero de viajes por a3o, las distancias entre puertos y las diferentes velocidades de cada barco (18 nudos para los barcos convencionales, 27 nudos para los r3pidos Ro/Pax y 40 nudos para los HSC), podremos establecer el n3mero de viajes por a3o y el descuento de tiempo requerido para recuperar los retrasos provocados por el tiempo meteorol3gico.

Las conclusiones obtenidas despu3s de establecer un n3mero determinado de viajes por a3o seg3n la distancia entre los puertos y la velocidad de cada viaje se basan en la informaci3n estad3stica de las boyas seleccionadas. El grado de fiabilidad de esta informaci3n depende del sistema de cada pa3s. En Espa3a, por ejemplo, la fiabilidad de las boyas es muy alta y en cuanto a los datos, eso depende del per3odo de an3lisis, puesto que cada a3o puede ser diferente. Un largo per3odo ser3 mejor y hemos tenido en cuenta datos obtenidos de la p3gina web de cada pa3s. As3 mismo, tal como se es-

Tabla 5. Probabilidad máxima de encontrar las alturas de las olas propuestas para cada tipo de barco.

	Tipo de barco (Escenario)	Ratio Máxima altura de ola
Ruta 1	Convencional	1.96%
	Ro/Pax rápido	4.94%
	HSC Cancelación	7.69%
	HSC Mareos	45.43%
Ruta 2	Convencional	1.04%
	Ro/Pax rápido	3.88%
	HSC Cancelación	7.33%
	HSC Mareos	45.43%
Ruta 3	Convencional	0.07%
	Ro/Pax rápido	4.14%
	HSC Cancelación	12.68%
	HSC Mareos	37.72%
Ruta 4	Convencional	0.07%
	Ro/Pax rápido	4.14%
	HSC Cancelación	12.68%
	HSC Mareos	37.72%
Ruta 5	Convencional	5.80%
	Ro/Pax rápido	24.33%
	HSC Cancelación	39.62%
	HSC Mareos	64.93%

tableció, el porcentaje de cancelación tiene que ver con un tiempo igual o superior a 2 horas, en el cual el límite de la ola excede el máximo asequible. La cuestión es que las boyas cubren una extensión de mar por la que hay que navegar durante un período de tiempo superior a ése, porque incluso en el caso de una embarcación de alta velocidad, debería reducir la velocidad cuando el estado del mar empeora. Por ejemplo, en la línea de Barcelona a Civitavecchia hay que cubrir 439 millas y utilizar 4 boyas para conseguir la información sobre el estado del mar.

Sin embargo, todas las rutas duran más de dos horas. Es obligatorio para los barcos tener una ruta alternativa en caso de mal tiempo, como es por ejemplo el caso del viaje entre Tarragona y Génova, donde el barco navegaría cerca de la costa francesa. De todos modos, eso requeriría un estudio más profundo ya que las distancias y las velocidades de los barcos son diferentes y no podríamos sacar de ello una conclusión viable, basada en rutas supuestas.

Los criterios utilizados para determinar los porcentajes de cancelación antes mencionados para las embarcaciones de alta velocidad se basan en la información dada al patrón del barco sobre el estado del mar, que es (o se espera que sea) peor que el límite operativo de seguridad del barco. Entonces tiene que decidir cancelar el viaje. El punto de discusión es dónde se registra el peor estado del mar. La última decisión la tiene el patrón del barco y él puede decidir navegar con la condición de que el mal tiempo sólo sea en la última parte del viaje. Los modelos de predicción son útiles para proporcionar información avanzada sobre el tiempo con el cual el barco va a encontrarse pero se necesita con suficiente antici-

Tabla 6. Ratio de máxima cancelación anual y número total de viajes cancelados, para los barcos rápidos y de alta velocidad.

Ruta	Tipo de barco	% Cancel. anual	Cancel. viajes por año
Ruta 1	Ro/Pax rápido	3	6
	HSC	7	22
Ruta 2	Ro/Pax rápido	1	4
	HSC	6	28
Ruta 3	Ro/Pax rápido	4	13
	HSC	9	28
Ruta 4	Ro/Pax rápido	1	3
	HSC	11	12
Ruta 5	Ro/Pax rápido	12	19
	HSC	30	63

pación según la velocidad de la embarcación. La conclusión da el número máximo de cancelaciones teniendo en cuenta el porcentaje máximo de la altura de olas más alta que los límites operacionales⁶.

6 Conclusiones

La primera ruta puede ser hecha por dos barcos convencionales que navegarían tres veces por semana desde cada puerto y pararían el domingo, con un porcentaje de 2% de altura de las olas superior a 4 metros. El barco rápido navegando a 27 nudos ofrece más capacidad de carga al cabo de un año porque puede hacer más viajes por semana. En este caso, hemos reducido la velocidad del barco de 27 a 25 nudos para retrasar la llegada al puerto hasta el espacio de un día. Este barco tiene un porcentaje de altura de las olas superior a 4 metros de sólo 5%. Para los barcos de alta velocidad, hay que asumir un porcentaje de cancelación anual de 8% así como un elevado porcentaje de mareo. Por otro lado, el barco se queda tres horas más que el tiempo requerido para las operaciones de carga, que podría ser utilizado como tiempo para recuperar los retrasos.

Entre los tres posibles tipos de barco en la segunda ruta, podemos decir que los barcos convencionales y los HSC tienen menos capacidad por semana. El tiempo afecta menos al rápido Ro/Pax ya que estos barcos pueden hacer más viajes por semana.

La ruta número 2 entre Barcelona y Civitavecchia tendría que ser hecha por el Ro/Pax puesto que el barco se queda en puerto 7 horas cada día para que haya una compensación en el tiempo ante posibles retrasos debidos a la meteorología. En este caso, la altura de las olas superior a 3 metros afecta un 4% del tiempo.

La ruta número 3 entre Alicante y Génova es buena para los barcos convencionales ya que sólo un 0.07% del tiempo se ve afectada por la meteorología. Los barcos

⁶Informe ICARO: Seguridad e información meteorológica. Proyecto ICARO, Barcelona, 2006.

rápidos tienen un programa duro para poder completar seis viajes por semana, así que sería mejor reducirlos a 5 para poder asumir en un momento dado el 4% del tiempo que tienen que navegar a velocidad reducida. Los barcos de alta velocidad se quedan 7 horas en puerto aunque naveguen a menos de 40 nudos, y por lo tanto podría estudiarse un programa más reducido.

La ruta número 4 entre Tarragona y Génova queda muy poco influida por la meteorología, así pues la selección del barco podría basarse en las necesidades del mercado. El rápido Ro/Pax sufre una reducción de 4% de velocidad por culpa del tiempo, quedándose 5 horas en cada puerto y teniendo un tiempo de margen para recuperarlo. El barco de alta velocidad puede ofrecer hasta 9 viajes por semana y un buen porcentaje anual de carga; sin embargo, su programa es muy apretado.

Finalmente, la ruta número 5 entre Gijón y Hamburgo sufre lógicamente las peores condiciones meteorológicas puesto que un barco convencional se enfrenta a un 6% del tiempo a alturas de ola superiores a 4 metros con la disponibilidad de un día para recuperar la línea. El barco rápido se enfrenta en un 24% del tiempo a olas importantes superiores a 3 metros, pero se queda en puerto durante 7 horas en cada viaje. El barco de alta velocidad se detiene 14 horas una vez por semana, pero el porcentaje de cancelación llega a un 39% por año.

En general, el rápido Ro/Pax parece ser la mejor opción. A pesar de tener un tiempo de tránsito superior, tiene el nivel de fiabilidad más alto, comparado con un barco de alta velocidad. El porcentaje anual de cancelación se muestra en la tabla 6, creciendo con la velocidad del barco. Queda un análisis más profundo donde el porcentaje de cancelación podría estar relacionado con el tiempo y lugar exactos de presencia, teniendo en cuenta la posición actual del barco. Creemos que el porcentaje podría reducirse gracias a una información más exacta.

Referencias

- Blonk, W., 2003: *Prospects and challenges of Short-sea Shipping*, en: Proceedings from the second European research roundtable conference on short-sea shipping.
- Institute, N., 2006: Short sea Shipping study, Netherlands.
- Olivella, J., Martínez, F., y Castells, M., 2005: Intermodalidad entre España y Europa. El proyecto INECEU, Barcelona digital, S.L., Barcelona, Spain. Also a report available at <https://e-prints.upc.edu/handle/2117/524>.