

PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE GOBERNANZA PORTUARIA DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL BASADO EN LA EFICIENCIA Y LA COMPETITIVIDAD

Alberto Camarero Orive

Profesor Titular en la Universidad Politécnica de Madrid, España

José Ignacio Parra Santiago

Consultor en PORTEL, España

Doctorando, Sistemas de Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica de Madrid, España

Pascual Pery Paredes

Profesor Emérito en la Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

Esta investigación busca el objetivo de plantear un escenario de gestión portuaria, para el actual Sistema Portuario español, analizándolo y comparándolo con el actual.

Mediante el empleo del Análisis Envolvente de Datos (DEA) y sumándole el análisis de competitividad, se elabora un escenario, en base a criterios técnicos, y bajo la definición de “fachada marítima”, sobre la cual analizar la eficiencia operativa y financiera.

La metodología del modelo DEA ha venido evolucionando, ya que actualmente se tienden a modelos orientados en input o en output, lo que favorece el uso de análisis Bootstrapping. El cual corrige los sesgos que puedan producirse en el análisis DEA tradicional.

Los resultados del análisis DEA-Bootstrapping muestran una serie de resultados que favorece a este escenario frente a la situación actual, ya que tanto la eficiencia operativa como la financiera mejoran respecto al escenario actual o escenario 0.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El Puerto

En su origen etimológico, la palabra puerto proviene del latín, *portus*, significando puerta o entrada, y, a esta afección hacen referencia las múltiples definiciones de puerto empleadas en la actualidad. Por citar dos de las más empleadas, Rodrigue et al. (2013) definen los puertos como puntos de convergencia entre dominios geográficos (terrestre y marítimo) de circulación de mercancía y pasajeros. Por otro lado, Martagan et al. (2009) establecen que los puertos son las instalaciones intermodales por excelencia, ya que centralizan múltiples medios de transporte.

El transporte marítimo, ha sido durante toda la historia de la humanidad, el modo de transporte de mercancías por excelencia, siendo los puertos enclaves vitales para el control de dichas mercancías. Tal consideración se ha mantenido en el tiempo incluso tras la revolución industrial y el desarrollo de la automovilística (transporte terrestre) y la aeronáutica (transporte aéreo). Según Rodríguez et al. (2013) los puertos siguen centralizando de forma masiva el tráfico de mercancías debido al elevado coste del transporte aéreo, sólo viable en transacciones urgentes y de productos de tipo tecnológico, cuya relación precio de mercado-peso hace que sea económicamente conveniente. Rodrigue et al. (2013) añade también, que el transporte terrestre no puede competir con el marítimo, en cuanto a la movilización de grandes volúmenes de mercancía, debido a la falta de infraestructura ferroviaria y la rigidez de esta.

La clasificación de los puertos es variable, y depende en gran medida de la perspectiva con la que se analice el mismo. Depende, por ejemplo, de la especialización en cuanto a tipo de tráfico, volumen de tráfico, infraestructura, superficie de ocupación, etc. Además, según López (2018) en numerosas ocasiones es necesario identificar los elementos constituyentes del puerto por separado, pudiendo pertenecer dos terminales de un mismo puerto a clasificaciones diferentes, según el criterio empleado.

1.2 El Sistema Portuario Español: desde sus orígenes hasta hoy

Hasta finales del siglo XIX, los puertos se regían por sistemas más o menos heredados de la Edad Media, tales como los Consulados del Mar y similares, y no es hasta los años 70 de ese siglo cuando se promulga la Ley General de Obras Públicas, por medio de la cual se comienza a ordenar administrativamente las infraestructuras y su explotación. A continuación, se desarrollan las leyes específicas, de aguas, ferrocarriles, etc. que regulan las distintas áreas.

En 1880 se promulgó la primera Ley de Puertos, continuación natural de esa Ley General de Obras Públicas. Prácticamente era más una ley de costas que de puertos, ya que regulaba fundamentalmente el dominio público marítimo terrestre y su aprovechamiento.

De cómo se debían explotar los puertos, no se establecía más norma que la atribución de las operaciones náuticas al Capitán de Puerto, que era el comandante de Marina, y las terrestres al director del Puerto, que era un Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado.

Esta ley estuvo vigente hasta la promulgación de la Ley de Puertos y Marina Mercante de 1992, es decir, 112 años. Naturalmente, si bien no tuvo más que pequeñas correcciones en el año 1928, se fue complementando con otras leyes que regulaban aspectos propios de los puertos, como la ley de Juntas de Obras del Puerto, la ley de Régimen Financiero o la de Juntas de Puertos y Estatutos de Autonomía.

El modelo de 1992 fue modificado por la ley de 1997 que aumentó la participación de las Comunidades Autónomas en el funcionamiento y gestión de los puertos y una mayor liberalización de las tarifas.

La incorporación de las Comunidades Autónomas en la gestión de los puertos de interés general se orientó hacia su participación en el nombramiento de los órganos de gobierno de las Autoridades Portuarias. De este modo, la ley concedió una mayor participación a las Comunidades Autónomas donde estén ubicados los puertos, tanto en su estructura de cargos como en su gestión, a través de la designación de los miembros de sus órganos de gobierno. Se garantizó que en el Consejo de Administración estuvieran también representadas las Administraciones Municipal y Central, la Cámara de Comercio, Industria y Navegación, y las organizaciones empresariales y sindicales de los sectores económicos más relacionados con el comercio marítimo.

Además, con esta reforma legislativa, no sólo aumentó la autonomía las Autoridades Portuarias en relación al Ente Público Puertos del Estado, sino que también el Ente Público Puertos del Estado, ganó autonomía respecto del Ministerio de Fomento (Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Así, por ejemplo, los objetivos generales que aquel fije como guía para los programas de actuación de las Autoridades Portuarias ya no tienen por qué estar de acuerdo con la política de transportes definida por el Ministerio de Fomento (Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). Como consecuencia de estas y otras características, es posible afirmar que la Ley 62/1997, crea un nuevo modelo de gestión portuaria: el modelo español.

La Ley 27/1992, de 24 de Noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (LPEMM), modificada por el Texto Refundido 2/2011, de 5 de septiembre, distingue entre los puertos de titularidad autonómica (básicamente los puertos pesqueros, deportivos y de refugio), que dependen del Gobierno de la Comunidad Autónoma donde están ubicados, y los puertos de titularidad estatal, es decir, los puertos calificados como de interés general.



Figura 1-Mapa de las 28 Autoridades Portuarias del sistema portuario español. Fuente: Puertos del Estado.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Gobernanza portuaria

La gobernanza portuaria se define, según Comtois y Slack (2003), en función de dos fuerzas: las fuerzas centrípetas y las fuerzas centrífugas. Las fuerzas centrípetas tratan de definir, en términos políticos, los controles de orden jurisdiccional y geográfico de las dinámicas territoriales de un puerto. Es decir, enfatiza sobre los distintos roles de los agentes privados y públicos, profundizando en el ámbito de la gestión y de las operaciones portuarias desde la perspectiva de una economía de mercado. Las autoridades portuarias buscan adoptar aquellas medidas que permitan aumentar la eficacia, como la mayor descentralización administrativa y los mayores campos de libertad para la economía privada, adaptándose a las reglas de mercado. Por tanto, los cambios estructurales en la gobernanza enfatizan hacia una mayor liberalización y desregulación. Producto de esta dinámica es la creación de plataformas multimodales, que buscan captar y atraer tráfico, mejorar el posicionamiento de las infraestructuras portuarias en el mercado mundial y, por tanto, una nueva definición intraportuaria, que supone una ampliación de los servicios logísticos y del desarrollo de redes globales alentadas por las economías locales (Nottebom y Rodrigue, 2005). Los puertos constituyen un elemento más de la cadena multimodal entre productor y consumidor, aumentando los vínculos entre el transporte marítimo y el transporte terrestre. Bajo esta fuerza centrípeta asistimos a un crecimiento de la capacidad de oferta de las terminales; a una adaptación de los flujos y de los sentidos de las rutas de transporte marítimo; a una nueva concepción de los índices de performance y del beneficio empresarial; y a una reducción del riesgo y aumento de la seguridad en el transporte “puerta a puerta”. Las autoridades

portuarias combinan las actividades de los transportistas y los operadores de terminales, buscando las mayores economías de escala y el desarrollo de actividades de marketing. Las autoridades portuarias operarán en situaciones de mayor complejidad e interdependencia; con mayor participación en la definición de estrategias marítimas en lo que atañe a acuerdos entre puertos y selección de rutas; y finalmente en lo que concierne a los sistemas de tecnología de información.

Las fuerzas centrífugas, por su parte, hacen referencia a las trayectorias de la gobernanza portuaria. Fuerzan, por lo tanto, a una nueva redefinición de las funciones tradicionales de las autoridades portuaria. Es decir, enfatizan sobre aquellas actividades complementarias de las funciones estrictamente marítimas y portuarias, para reforzar las integraciones verticales y horizontales; en suma, para responder a las nuevas demandas y necesidades de incrementos del comercio. En consecuencia, buscan aprovisionamiento y gestión del espacio; conexiones con otros modos de transporte; y desarrollos logísticos (Laxe, 2008).

2.2 Los nuevos modelos de gobernanza portuaria

El papel del sector privado se ha ampliado considerablemente en muchos sectores económicos importantes en los últimos decenios. Los puertos no han sido inmunes a este avance y muchos puertos de todo el mundo se han beneficiado de la intervención del sector privado. En el documento presentado por Baird (2000) se examinan los objetivos comúnmente asociados a la privatización de las funciones portuarias. Se presenta un marco (Matriz de Privatización Portuaria) que puede utilizarse para ayudar a establecer el alcance de la intervención del sector privado en un puerto determinado. Donde se examinan los principales métodos utilizados para lograr la intervención del sector privado en los puertos, con los ejemplos que procedan. Y, por último, se examina la forma bastante singular de privatización de los puertos (es decir, la transferencia de derechos de propiedad, etc.) adoptada en el Reino Unido. Las pruebas sugieren que el Estado no necesita transferir los derechos de propiedad de los puertos marítimos para beneficiarse de la experiencia del sector privado. De hecho, debido a la naturaleza específica de la inversión portuaria, y teniendo en cuenta el objetivo clave de los puertos de facilitar el comercio, esto puede ser contraproducente.

Cabe destacar que la mayoría de las tendencias a futuro sobre la gobernanza portuaria, enmarcadas en el contexto del libre mercado y la actual teoría económica, pasan por la desaparición de la propiedad pública en favor de la privada. Este hecho vendría reforzado por la idea de que la privatización del sector portuario se daría debido a la incapacidad del sector público de asumir los fuertes requerimientos de capital necesarios en el sistema, de continuar la evolución de volumen de tráfico como hasta ahora, para reforzar la infraestructura, la atracción de embarcaciones y el aumento de superficies destinadas al almacenamiento de mercancías. Por tanto, en la medida que las autoridades e instituciones públicas no sean capaces de afrontar las inversiones serían los agentes privados quienes (a través de adjudicaciones y/o concesiones) llevarían a cabo dichas inversiones en el futuro.

Ante este hecho, aparecen teorías como la de Lavaud-Letilleul (2007) que también afirman que las dinámicas portuarias estarán cada vez más ligadas a las empresas operadoras o propietarias de espacios portuarios y terminales, aunque, añaden que esta trayectoria puede implicar efectos sobre la relación entre los puertos y el territorio.

2.3 Antecedentes del Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Farrell (1957) determinó empíricamente un estándar de referencia, la frontera, con el que comparar las empresas para determinar si son eficientes o no. Las medidas de eficiencia calculadas de esa manera definen lo que se conoce como eficiencia relativa, es decir, miden la eficiencia de una empresa comparando su actuación con la de las “mejores” empresas observadas, que son las que definen la frontera eficiente. Este trabajo puede considerarse como el origen de todos los estudios en este campo, si bien, el trabajo de Farrell tiene como antecedentes los de Debreu (1951) y Koopmans (1951).

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) usa algoritmos de programación lineal para calcular la frontera. Esta idea fue originalmente propuesta por Hausman (1978) en su discusión del artículo de Farrell. La primera aplicación de la programación lineal al cálculo de la eficiencia se debe a Boles (1966). Posteriormente, Charnes, Cooper y Rhodes (1978) dieron a esta técnica el nombre de Data Envelopment Analysis, cuyo uso se ha popularizado y hoy en día sobrepasa a las aplicaciones basadas en fronteras estocásticas (Førsund y Sarafoglou, 1999).

Es interesante destacar aquí la diferencia fundamental entre el método del Análisis Envolvente de Datos (DEA) y el de Farrell (1957) para el cálculo de la frontera. Farrell no usa programación matemática, sino que calcula la frontera algebraicamente. Sin embargo, los resultados de ambas aproximaciones son equivalentes.

Entre las ventajas de la aproximación no paramétrica hay que mencionar que no hay que suponer una forma funcional concreta para la frontera. Algunos estudios han encontrado que los índices de eficiencia son sensibles a la especificación de la forma funcional. Por otra parte, la aproximación no paramétrica permite el tratamiento sencillo de tecnologías multioutput.

Entre los inconvenientes de esta aproximación cabe citar que es más sensible a los errores de medida que la aproximación econométrica, puesto que no existe un término de error que permita controlar el efecto que tienen los factores no controlables o no observados. Un segundo inconveniente es que no permite realizar inferencia estadística sobre los índices calculados. Este problema se corrige con los métodos Bootstrap, cuyo objetivo es dotar al análisis DEA de una naturaleza estocástica similar a la de los modelos econométricos.

Año	Autor	Alcance del Estudio	Input	Output	Modelo
2003	Wang, T., Song, D.W. y Cullinane, K.	28 puertos del TOP 30 (2001) mundo y 57 terminales	1) Longitud de muelles 2) Superficie de la terminal 3) N° Grúas de muelle 4) N° Grúas de patio 5) N° Straddle carriers	1) TEUs manipulados	DEA-CCR-I DEA-BCC-I Función Estocástica de Cobb-Douglas
2003	Barros, C.P.	5 puertos portugueses 1999 – 2000	Eficiencia Técnica 1) N° de empleados/Mano de obra 2) Valor contable de los activos Eficiencia Localizada 1) Coste de la mano de obra – Salarios y beneficios divididos por el número de empleados 2) Coste de la inversión – gasto del equipamiento y de la instalación dividido por el valor teórico de los activos inmovilizados	1) N° de barcos 2) Movimiento de la carga 3) Toneladas brutas de los barcos 4) Cuota de mercado 5) Toneladas de carga a granel 6) Toneladas de carga contenerizada 7) Toneladas de tráfico Ro-Ro 8) Toneladas de carga seca a granel 9) Toneladas de Líquidos 10) Ingresos netos	DEA
2004	Barros, C.P. y Athanassiou, M.	4 puertos portugueses y 2 griegos 1998 – 2000	1) N° de empleados/Mano de obra 2) Valor contable de los activos	1) N° de barcos 2) Toneladas movidas de carga 3) Toneladas de carga manipulada 4) Toneladas de contenedores manipulados	DEA-BCC DEA-CCR
2005	Lin, L. y Tseng, L.	27 Puertos internacionales de Contenedores 1999 – 2002	1) N° Grúas de muelles 2) Longitud de muelles 3) Equipamiento del patio (n°) 4) Superficie de almacenamiento	1) TEUs manipulados	SFA DEA-CCR DEA-BCC
2007	Cullinane, K. y Wang, T.	69 Terminales de contenedores de 24 países europeos 2002	1) Longitud de la terminal 2) Superficie de la Terminal 3) N° Equipamiento	1) TEUs manipulados	DEA-CCR DEA-BCC

011	Chiu, Y., Huang, Ch. y Ma, Ch.	30 Regiones de China (Costa, Central y Oeste)	1) Fuel consumido 2) Vehículos pasajeros 3) Vehículos de mercancías 4) Densidad de Autopistas 5) Transporte de pasajeros 6) Transporte de mercancías 7) Accidentes de tráfico 8) Empleos 9) Activos fijos	1) Valor producción 2) Industria contaminante	DEA
2016	Gil Ropero, A.	Puerto de Algeciras y el resto de Autoridades Portuarias (28).	1) Número de grúas. 2) Superficie de la Terminal. 3) Metros lineales de muelle con calado > 14m.	1) TEUs. 2) Número de buques portacontenedores.	DEA-CCR DEA-BCC
2018	Gil Ropero, A., Domínguez, I. y Cerbán Jiménez, M.M.	28 Autoridades Portuarias Españolas y 7 Autoridades Portuarias Portuguesas	a) TEUs.	1) Ships.	DEA-CCR DEA- Bootstrapping

Tabla 1-Revisión bibliográfica de los inputs y outputs utilizados para nuestro DEA-Bootstrapping. Fuente: Elaboración propia.

2.4 Antecedentes de la competencia y la competitividad

Es importante realizar una distinción entre los conceptos de competencia y competitividad. La competencia es la concurrencia de una multitud de vendedores en el mercado libre, de forma que, para conseguir la venta de los bienes y servicios que producen, pugnan entre sí fijando los precios que les permitan sus costes y que estén alineados con los del mercado (Tamames y Gallego, 1996). En cambio, la competitividad se puede entender como la capacidad de competir de la empresa, que no va a depender sólo de sus propias fortalezas, sino también de la capacidad que tenga de hacer frente a sus debilidades y transformar sus amenazas en oportunidades (Winkelmanns, 2003).

En definitiva, la competitividad depende de una multitud de factores, y para que una empresa pueda competir en el mercado debe explotar sus ventajas competitivas, principalmente a través de la diferenciación y del liderazgo en costes de los bienes y servicios que produce. En la actualidad, las empresas no sólo compiten con bienes o factores productivos tangibles, sino que, cada vez en mayor medida, la competencia se realiza mediante la provisión de servicios determinados por parte de ella y el desarrollo y aprendizaje de su núcleo específico de competencias específico para la consecución de sus ventajas competitivas (Winkelmanns, 2003).

El núcleo de competencias de una empresa puede ser más o menos imitable por el resto; as., si un núcleo de competencias está basado en el desarrollo de complejas tecnologías y habilidades, ser. más difícil de imitar por otras empresas y tendrá una mayor probabilidad de desarrollar ventajas competitivas durante un periodo de tiempo más extenso, siendo el mejor núcleo de competencias el que posee un alto grado de durabilidad.

La competencia portuaria se refiere al desarrollo y aplicación de estrategias alternativas para atraer a más clientes o a clientes con un mayor potencial de negocio hacia el puerto (Cerbán Jiménez, 2009). Los puertos analizan continuamente estrategias con el objeto de alejarse de sus competidores. Como consecuencia, los puertos compiten localmente, pero también lo hacen a nivel global, incluso a grandes distancias, sirviendo a las mismas zonas comerciales.

Según Van der Voorde y Winkelmanns (2002), la competencia portuaria se extiende a cuatro niveles:

- Competencia entre empresas de un puerto.
- Competencia entre puertos.
- Competencia entre grupos de puertos (por ejemplo, un grupo de puertos con características geográficas comunes compiten entre ellos).
- Competencia entre rangos portuarios (por ejemplo, puertos localizados a lo largo de la misma costa o con un hinterland prácticamente idéntico compiten con los de otro rango por unos tráficos determinados).

Los autores Fleming y Baird (1999) identifican que los principales factores que explican la competitividad portuaria, para todo tipo de tráficos, son:

- La tradición portuaria.
- El rango portuario (puertos que comparten misma costa y mismo transpaís).
- La accesibilidad portuaria.
- La productividad portuaria.
- El apoyo público.
- Las preferencias de los agentes implicados hacia los puertos.
- La localización geográfica.

3. METODOLOGÍA

3.1 Eficiencia

La técnica del Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA) es una técnica de programación lineal que facilita la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica, a partir de los datos disponibles del conjunto de entidades objeto de estudio, de forma que aquellas que determinan la envolvente

son las denominadas entidades eficientes, y permiten la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las entidades.

El análisis basado en DEA, desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, es un método extremal y no paramétrico para la estimación de fronteras de producción y evaluación de la eficiencia de una muestra de unidades de producción Decision Making Units (DMU's), en la terminología científica. La metodología DEA, dado que es una técnica no paramétrica, no supone ninguna forma funcional de la relación entre los inputs y los outputs, ni una distribución de la ineficiencia. Además, es capaz de manejar situaciones de múltiples inputs y outputs, expresados en distintas unidades. Son precisamente estas ventajas de DEA las que han favorecido su uso extensivo.

Dentro de la metodología DEA, se pueden diferenciar varios tipos de eficiencias en función de la unidad de referencia que utilice:

- a. Eficiencia Técnica Global (TE): Cuando se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de entre todas las unidades posibles. Se denomina eficiencia CCR, ya que fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. También es denominada eficiencia CRS, acrónimo de "Constant Returns to Scale".
- b. Eficiencia Técnica Pura (PTE): Cuando se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de entre todas las unidades posibles de su tamaño. Se denomina BCC, por ser desarrollada por Banker, Charnes y Cooper en 1984. También es denominada eficiencia VRS, que significa "Variable Returns to Scale".
- c. Eficiencia de Escala (SE): Es el cociente entre la Eficiencia Global (TE) y la Eficiencia Técnica Pura (PTE). Para caracterizar el rendimiento productivo de una DMU, no basta con el conocimiento de su eficiencia técnica. Es necesario, además, obtener su Eficiencia de Escala, es decir, conocer si está trabajando en el correspondiente tamaño de escala más productivo (Most Productive Scale Size – MPSS). Cuando una DMU es eficiente tanto en la aplicación del modelo CCR como en el modelo BCC, el valor de su Eficiencia de Escala (SE) es igual a la unidad, y podemos afirmar en ese caso que está trabajando en su tamaño de escala más productivo (MPSS). (Charnes y Cooper, 1989).

Por tanto, de esta expresión se deduce que la Eficiencia Técnica Global (TE), se descompone en Eficiencia Técnica Pura (PTE) y Eficiencia de Escala (SE). $TE = PTE \times SE$.

Modelo	Orientación Input	Orientación Output
CRS	$\min \theta = \varphi - \varepsilon (\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+)$ Sujeto a : $\sum_{j=1}^n (\lambda_j x_{ij}) + S_i^- = \theta x_{io}$ $i = 1, 2, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n (\lambda_j y_{rj}) - S_r^+ = y_{ro}$ $r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	$\max \theta = \varphi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+)$ Sujeto a : $\sum_{j=1}^n (\lambda_j x_{ij}) + S_i^- = x_{io}$ $i = 1, 2, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n (\lambda_j y_{rj}) - S_r^+ = \theta y_{ro}$ $r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
VRS	Añadir: $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	

Tabla 2-Formulación de modelos DEA. Fuente: Gil Ropero (2015).

Donde:

y_{ro} y x_{io} : los r th outputs y i th inputs para cada DMU_0 evaluada.

λ_j : las variables de decisión que representan los pesos DMU_j que colocaría sobre cada DMU_0 en la construcción de su conjunto de referencia eficiente.

θ : la distancia proporcional en las entradas a la frontera y por tanto, la medición de la eficiencia técnica.

ε : el número real positivo más pequeño.

S_i y S_r : las holguras potenciales o factores de exceso para cada input.

En la siguiente figura (Figura 2) se ha representado ambos modelos.

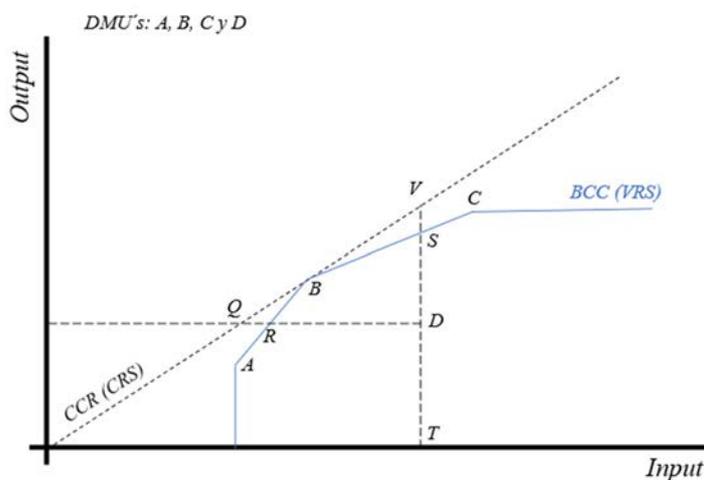


Figura 2-Representación gráfica de las eficiencias CCR y BCC. Fuente: Elaboración propia, tomado de Gil Ropero (2015).

La técnica *Bootstrap* proporciona estimaciones del error estadístico imponiendo escasas restricciones sobre las variables aleatorias analizadas y estableciéndose como un procedimiento de carácter general, independientemente del estadístico considerado.

El *Bootstrap* (Efron, 1979 y 1982) ofrece una aproximación alternativa para la inferencia y el contraste de hipótesis en los modelos DEA. De hecho, en el caso de los modelos DEA con múltiples inputs y outputs, el *Bootstrap* es la única aproximación existente.

a) Bootstrap orientación input (BCC): $\frac{AD-AC}{AX_0} = \frac{AC-AB}{AX_0}$

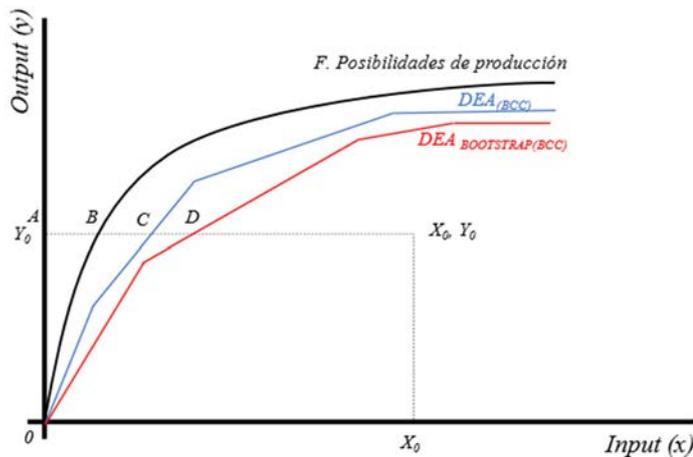


Figura 3-Representación gráfica del Bootstrap consistente Orientación input. Fuente: Elaboración propia, basado en Gil Ropero (2015).

b) Bootstrap orientación output (BCC): $\frac{AD-AC}{AY_0} = \frac{AC-AB}{AY_0}$

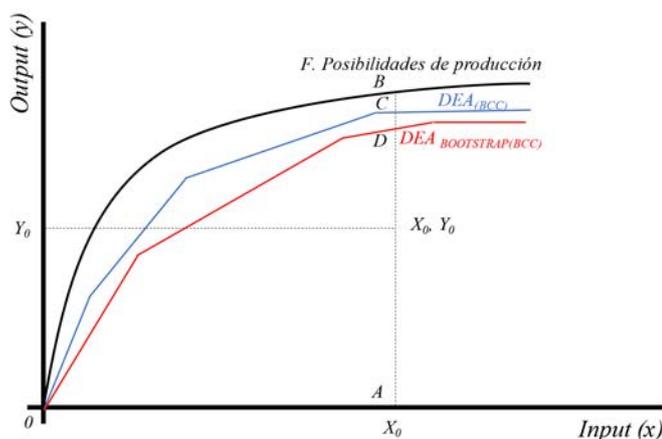


Figura 4-Representación gráfica del Bootstrap consistente Orientación output. Fuente: Elaboración propia, basado en Gil Ropero (2015).

3.2 Análisis de competitividad

La metodología propuesta se caracteriza por la observación de datos anuales y su transformación en forma de indicadores ponderados. La fuente de datos principal ha sido el Anuario Estadístico de Puertos del Estado para el ejercicio del año 2018.

Se observan indicadores pertenecientes a lo que se ha catalogado como tres tipos de “entorno portuario” dependiendo del nivel de escala sobre el que incide el indicador, lo que nos permitirá observar la competitividad de los puertos a distintos niveles, ya que en principio, no resultaría proporcional basar el análisis de competitividad en variables de producción o económicas que aportaría datos sesgados hacia los puertos más importantes, en términos de volumen de tráfico y recaudación, del sistema.

Así, los tres entornos observados y los indicadores que componen cada uno son:

- a) El microentorno: se consideran indicadores propios del puerto en sí mismo, es decir, aquellos equipamientos y servicio básicos que proporciona el puerto e inciden en su productividad. Los indicadores estudiados para este entorno, y sus unidades de medida.
- b) El mesoentorno: se consideran indicadores relativos al grado de calidad de interacción con otros entornos que presenta el puerto. Así, se consideran las aportaciones científicas y el desarrollo tecnológico o la existencia de sistemas de gestión de residuos y la calidad del agua. Es una forma de valorar la capacidad de los puertos más pequeños de incorporar nuevas funciones al sector portuario, que aportan un valor agrado al mismo más allá de la mera productividad.
- c) El macroentorno: mediante este entorno se pretende definir la capacidad del puerto para competir a nivel internacional. Es indicativo del perfil económico del puerto.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Escenario 0 o Situación Actual

Escenario base o de punto de partida, la cual se analiza la situación del actual sistema portuario español, comprendido por 28 Autoridades Portuarias que gobiernan 46 puertos de interés general.

DMU No.	DMU Name	Operational		Financial	
		DEA VRS Efficiency	BOOT Efficiency	DEA VRS Efficiency	BOOT Efficiency
1	A Coruña	0,59554	0,54384	0,88003	0,91278
2	Alicante	0,33001	0,30120	0,76866	0,78554
3	Almería	0,89901	0,82781	0,90960	1,00000
4	Avilés	0,32427	0,30330	0,80574	0,81304
5	Bahía de Algeciras	1,00000	0,80634	0,89267	1,00000
6	Bahía de Cádiz	0,15911	0,14595	0,67890	0,69029
7	Baleares	1,00000	0,74393	0,72790	0,75528
8	Barcelona	0,63111	0,56540	0,91001	1,00000
9	Bilbao	0,39309	0,35768	0,80433	0,82697
10	Cartagena	1,00000	0,84712	0,94337	1,00000
11	Castellón	0,96024	0,90255	0,90254	1,00000
12	Ceuta	1,00000	0,73406	0,27343	0,28549
13	Ferrol-San Cibrao	0,37030	0,33667	0,95863	0,98053
14	Gijón	0,45462	0,43050	0,93125	0,97022
15	Huelva	1,00000	0,89066	0,67290	0,70194
16	Las Palmas	0,49661	0,44243	0,93092	1,00000
17	Málaga	0,31322	0,27728	0,89166	1,00000
18	Marín y Ría de Pontevedra	0,31588	0,29466	0,98084	1,00000
19	Melilla	1,00000	0,73050	0,63629	0,64563
20	Motril	1,00000	0,74379	0,88501	1,00000
21	Pasaia	1,00000	0,73843	0,88491	1,00000
22	Santa Cruz de Tenerife	0,83316	0,73638	0,84227	0,86895
23	Santander	0,22213	0,20396	0,79254	0,79956
24	Sevilla	0,23129	0,21368	0,83976	0,84567
25	Tarragona	0,75822	0,73655	0,86332	0,89570
26	Valencia	0,76594	0,71626	0,90016	1,00000
27	Vigo	0,14159	0,12724	0,81681	0,82521
28	Vilagarcía	1,00000	0,73447	0,88970	1,00000
Media aritmética		0,64983	0,55117	0,82908	0,87867
Media geométrica		0,55321	0,48033	0,81141	0,85734
Desviación estándar		0,31736	0,24825	0,13739	0,15934
Desviación media		0,29421	0,22763	0,09380	0,12146
Varianza		0,10072	0,06163	0,01887	0,02539

Tabla 3-Resultados del escenario 0 con Índice de Competitividad. Fuente: Elaboración propia.

El mayor valor de Bootstrap operativo lo alcanza la Autoridad Portuaria de Castellón (0,90255), no alcanzando la eficiencia pura en el análisis DEA. Además, para el mayor valor de Bootstrap financiero, la Autoridad Portuaria de Marín y Ría de Pontevedra (0,98084), que además alcanza la eficiencia pura en el análisis DEA.

El menor valor de Bootstrap operativo se atribuye a la Autoridad Portuaria de Vigo, que alcanza los valores más bajos en los dos análisis (0,14159 y 0,12724, respectivamente).

Esto puede deberse a la gran variabilidad de sus ingresos por tasas en función del bajo crecimiento del número de buques. Además, el valor más bajo financieramente hablando se obtiene en Ceuta, tanto en el análisis DEA (0,28426) como en el Bootstrap (0,27573).

Añadir un input más, y además siendo un factor tan determinante como un indicador de competitividad ha resultado salir eficaz, ya que la mayoría de los datos de eficiencia mejoran y se obtienen mayores resultados.

La media del escenario 0 (Sistema Portuario actual), en la aritmética como en la geométrica de la eficiencia operativa es inferior a 0,75 o al 75%, lo que significa que es ineficaz. Sin embargo, en la eficiencia financiera, supera el 0,75 o 75%, lo que puede asimilarse o aceptarse como eficiente, que no es puramente eficiente sino en una escala de eficiente o ineficaz.

4.2 Escenario 1 o Fachadas Marítimas

Escenario en el cual, se agrupan puertos o Autoridades Portuarias de toda una fachada marítima, es decir, todos aquellos puertos o Autoridades Portuarias bañados por el mismo mar u océano, pertenecientes a una misma orientación cardinal, es decir, localizados al este, sur, oeste o norte de la costa española.

DMU No.	DMU Name	Operational		Financial	
		DEA Efficiency	VRSBOOT Efficiency	BOOT Efficiency	DEA VRS Efficiency
1	Bilbao - Pasajes- Santander Gijón - Avilés	-0,52321	0,48415	0,71417	0,74383
2	A Coruña - Ferrol + San Cibrao - Vigo - Marín + Ría de Pontevedra- Vilagarcía	0,65094	0,61001	0,85401	0,88959
3	Huelva - Sevilla - Bahía de Cádiz	0,55014	0,51050	0,74457	0,77207
4	Bahía de Algeciras - Málaga - Motril - Almería	1,00000	0,85412	0,91451	1,00000
5	Baleares	1,00000	0,83860	0,83948	0,87742
6	Alicante - Cartagena - Valencia - Castellón - Tarragona - Barcelona	-1,00000	0,88337	0,91337	1,00000
7	Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas	0,77114	0,70563	0,91672	1,00000
8	Ceuta - Melilla	1,00000	0,83687	0,91582	1,00000
	Media aritmética	0,81193	0,71541	0,85158	0,91036
	Media geométrica	0,78519	0,69798	0,84797	0,90457
	Desviación estándar	0,20030	0,15168	0,07635	0,10032
	Desviación media	0,18807	0,13783	0,06413	0,08964
	Varianza	0,04012	0,02301	0,00583	0,01006

Tabla 4-Resultados del escenario 3 con Índice de Competitividad. Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos, en el escenario 1, destacamos que de las 8 autoridades portuarias que se proponen, 4 alcanzan el valor de la frontera DEA igual a 1,0000 en el análisis operacional y otras 4 en el análisis financiero, es decir, el 50% de las autoridades son puramente eficientes operativa y financieramente. En el análisis Bootstrap, los valores mejoran con respecto al escenario 0, ya que 4 de 8 (50%) superan el umbral de 0,75 o 75% de eficiencia operativa, y, en la eficiencia financiera, algo más de la mitad superan el valor de 0,75 o 75%.

El mayor valor de Bootstrap operativo lo alcanza la autoridad portuaria formada por Alicante - Cartagena - Valencia - Castellón - Tarragona - Barcelona en su conjunto (0,88337), alcanzando la eficiencia pura en el análisis DEA. Además, para el mayor valor de Bootstrap financiero, la autoridad portuaria formada por el conjunto de Santa Cruz de Tenerife-Las Palmas (0,91672) alcanza la eficiencia pura en el análisis DEA.

El menor valor de Bootstrap operativo se atribuye a la agrupación de Autoridades Portuarias formada por Bilbao - Pasajes- Santander - Gijón - Avilés en su conjunto (0,48415), coincidiendo con el menor valor en el análisis DEA (0,52321). En el análisis financiero, corresponde al grupo formado por Bilbao - Pasajes- Santander - Gijón - Avilés obtener el valor más bajo en ambos análisis. En el análisis DEA, obtuvieron una eficiencia financiera de 0,74383 y el Bootstrap de 0,71417.

En este escenario, se da el caso de que una misma agrupación obtiene los valores más bajos en las cuatro eficiencias (dos para el operacional y otras dos para el aspecto financiero).

En la media del escenario 1, tanto la aritmética como la geométrica de la eficiencia operativa superan el valor de 0,5 o el 50%, lo que significa que están cerca de ser eficientes. Sin embargo, en la eficiencia financiera, supera el 0,9 o el 90%, lo que se puede asimilar o aceptar como eficiencia pura. En el caso operativo, habría que hacer un análisis más exhaustivo, pero por los resultados obtenidos, se podría decir que no se considera eficiente. Este escenario es el que mejores datos estadísticos alcanza, siendo el escenario con los valores medios más elevados.

5. CONCLUSIONES

Con el análisis del modelo DEA- Bootstrapping se han extraído los resultados a estudiar y se ha llegado a conclusiones satisfactorias. Esta metodología ha permitido analizar el Sistema Portuario español desde ambos puntos de vista: operativo y financiero. Partiendo de una serie de indicadores o KPI's medibles y valorables, que son analizados por la metodología DEA extrayendo los valores de eficiencia y eficiencia corregida sobre la cual se ha desarrollado esta investigación de una manera muy satisfactoria.

La revisión bibliográfica que se ha realizado en esta investigación ha ayudado a portar gran valor científico a esta tesis doctoral, ya que se han extraído los principales hallazgos relacionados con la gestión portuaria, el Análisis Envolvente de Datos (en materia portuaria) y de la competitividad, y su análisis. Esto ha permitido que la aportación científica que se genera sea de alto valor, aportando conocimiento al ámbito portuario, más concretamente en la medida de la eficiencia del sistema portuario español.

La metodología aportada en esta investigación ha resultado ser novedosa en el ámbito, ya que cruzar el índice de competitividad con el Análisis Envolvente de Datos no lo había realizado ningún otro investigador. Por ello, esta tesis aporta valor en el desarrollo de nuevas metodologías que ayuden a poder medir índices de competitividad y trasladarlos a poder medir eficiencias mediante la metodología DEA.

Centrándose en los resultados obtenidos, la media global de la eficiencia operativa del sistema portuario español es baja, en torno al 0,5, debido en gran medida a la duplicidad en muchos casos de las infraestructuras que componen el sistema. Es cierto que, en muchos casos, los diferentes puertos cuentan con un amplio abanico de las mismas instalaciones a lo largo de nuestro litoral. Por tanto, esta duplicidad de infraestructuras, a veces en distancias cortas, provoca una duplicidad de activos que no se traduce en un aumento del tráfico de mercancías y, más aún, en un mayor atractivo para recibir un mayor número de buques, lo que, a su vez, se traduce en menores ingresos por las diferentes tasas portuarias.

Es decir, los escenarios muestran que una agrupación portuaria, o una reforma del sistema portuario español, favorece la eficiencia financiera y, más aún, la eficiencia operativa de nuestro sistema portuario porque pasan de valores de 0,4 en el análisis BOOT y de 0,5 en el análisis DEA de la eficiencia operativa, a valores superiores a 0,8.

Seguidamente, los puertos con mayor eficiencia financiera son los puertos consolidados del sistema portuario español, con un gran tráfico y con unos activos diseñados para favorecer la captación de nuevos buques y nuevas mercancías, y/o para realizar un gran trabajo operativo en la manipulación de estos casos. Algunos puertos pueden estar desaprovechados, pero esto se debe a los grandes activos que poseen y que no están expresamente dedicados al uso portuario, es decir, su explotación no influye en el rendimiento del trabajo portuario atrayendo más tráfico o influyendo positivamente en la manipulación de las mercancías que entran en el puerto.

Los puertos del norte, en los escenarios mediante agrupaciones, son los que menos eficiencia alcanzan, dado que existe una consecución de una serie de puertos en muy pocos kilómetros, limitando la competitividad intraportuaria. Esto además de sumarle la duplicidad de infraestructuras derivadas de intentar conseguir tráfico de puertos cercanos, no llegando a consolidar el grado de ocupación en el que se tenía esperado en los estudios previos de demanda.

Por último, se observa que la eficiencia mejora al considerar un menor número de DMUs, es decir, la eficiencia global mejora cuanto más se reduce el número de autoridades portuarias.

REFERENCIAS

- BAIRD, A. J. (2000). Port privatisation: objectives, extent, process, and the UK experience. *International Journal of Maritime Economics*, 2(3), 177-194.
- BANKER, R.D., CHARNES, A. Y COOPER, W.W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis". *Management Science*, 30(9), págs. 1078-1092.

- CERBAN JIMENEZ, M. D. M. (2009). Competitividad económica de los puertos. Universidad Internacional de Andalucía.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. & RHODES, (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- CHARNES, A., CLARKE, R. L., & COOPER, W. W. (1989). An approach to testing for organizational slack via banker's game theoretic DEA formulations. *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5(21), 1-230.
- COMTOIS, C. Y SLACK, B. (2003): Re-inventing the Port Authority: Port Governance in the 21st Century, Seminario CIRTAI, Le Havre.
- DEBREU, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 273-292.
- EFRON, B. (1979). Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. *SIAM review*, 21(4), 460-480.
- EFRON, B. (1982). The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. *Society for industrial and applied mathematics*.
- FARRELL, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120, Part III, págs. 253-290.
- FLEMING, D. K., & BAIRD, A. J. (1999). Comment some reflections on port competition in the United States and Western Europe. *Maritime Policy & Management*, 26(4), 383-394.
- FØRSUND, F. R., & SARAFOGLOU, N. (1999). The diffusion of research on productive efficiency: The economist's guide to DEA evolution. Discussion Paper# D-02/1999, Agricultural University of Norway.
- HAUSMAN, J.A., (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica* 46, 1251–1272
- BOLES, J. N. (1966, AUGUST). Efficiency squared--Efficient computation of efficiency indexes. In *Proceedings of the Annual Meeting (Western Farm Economics Association)* (Vol. 39, pp. 137-142). Western Agricultural Economics Association.
- KOOPMANS, T. C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. *Activity analysis of production and allocation*.
- LAVAUD-LETILLEUL, V. (2007): "Ports: la tentation du tout-réseau face à pesanteurs du territoire", XLIII^e Colloque de l'ASRDLF, Grenoble-Chambéry.
- LAXE, F. G. (2008). Gobernanza portuaria: principales trayectorias. *Revista de Economía mundial*, (18), 355-368.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, B. (2018). Universidad de Acoruña, Eficiencia Portuaria y Modelos de Gobernanza.

MARTAGAN, T. G., EKSIUGLU, B., EKSIUGLU, S. D., Y GREENWOOD, A. G. (2009). A simulation model of port operations during crisis conditions. En Winter Simulation Conference. Estados Unidos.

NOTTEBOOM, TH. Y RODRIGUE, J.P. (2005): "Port Regionalization: Toward a New Phase in Port Development", *Maritime Policy and Management*, 32 (3), 297-31.

RODRIGUE, J. P., COMTOIS, C., Y SLACK, B. (2013). *The geography of transport systems*. Routledge, New York. Estados Unidos.

ROPERO, A. G. (2015). *Eficiencia operativa de terminales de contenedores. Análisis del puerto Bahía de Algeciras y su relación con los puertos de la Península Ibérica* (Doctoral dissertation, Universidad de Cádiz).

TAMAMES GÓMEZ, R. & GALLEGO, S., (1996). *Diccionario de economía y finanzas*. Alianza Ed.

VAN DER VOORDE, E. Y WINKELMANS, W. (2002): A general introduction to port competition and management; en Winkelmanns, W. (Coord): *Port Competitiveness. An economic and legal analysis of the factors determinig the competitiveness of seaports*. pp. 1-14. Ed. De Boeck Ltd. Institute of Transport and Maritime Management of Antwerp. Universidad de Amberes. Amberes.

WINKELMANS, W. (2003). *Port competitiveness and Port Competition. Two of a kind*. In IAPH Congress, Burdan