



GRADO EN ECONOMÍA

Santander, a 30 de junio de 2016

TRABAJO FIN DE GRADO

**Análisis del funcionamiento económico de las  
Fachadas Portuarias en España: una aproximación  
desde el Enfoque de la Eficiencia.**

**Analysis of Economic operation of Facades Ports in  
Spain: an approach from the focus of Efficiency.**

**Autor: José Ramón Fernández Medrano**

**Director: Pablo Coto Millán**

## INDICE

INDICE.....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUCCIÓN .....	4
2. REVISIÓN LITERARIA.....	6
2.1 Revisión literaria desde el punto del análisis de la eficiencia .....	7
2.2 Revisión literaria desde el punto del análisis de la eficiencia en las autoridades portuarias españolas.....	8
3.MARCO TEÓRICO.....	10
3.1 Modelo teórico empírico.....	11
3.1.1 Frontera de producción determinística .....	11
3.1.2 Frontera de producción estocástica.....	12
4. DATOS.....	13
5. RESULTADOS .....	13
5.1 Resultados frontera de producción determinística .....	14
5.1.1 Resultados eficiencia técnica. Frontera de producción determinística .....	16
5.2 Resultados frontera de producción estocástica.....	18
5.2.1 Resultados eficiencia técnica. Frontera de producción estocástica .....	20
6.CONCLUSIÓN .....	21
7.BIBLIOGRAFÍA.....	22

## RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo de fin de grado es analizar el funcionamiento económico de las Fachadas Portuarias españolas, estudiándolo a partir de una aproximación de la eficiencia. La estructura seguida para la clasificación por Fachadas Portuarias ha sido separarlas en tres. De ésta forma quedan comprendidos los 26 puertos españoles que se han utilizado en el estudio, en Fachada Cantábrica, Fachada Atlántica y Fachada Mediterránea. Para ello se han analizado una base de datos de panel, cuyo período de tiempo comprende desde el año 1986 a 2013 a partir de los datos facilitados por las memorias anuales que aparecen publicadas en Puertos del Estado.

Para realizar dicho análisis se ha llevado a cabo un estudio a partir de técnicas paramétricas con funciones de producción. En este caso se han empleado tanto la frontera de producción determinística como la estocástica. Para realizar el estudio de frontera determinística se ha comprobado que la función trascendental logarítmica (Translog), representa mejor que la función Cobb-Douglas la tecnología de acuerdo con los datos.

Ha resultado llamativo observar, como, estudiando la Eficiencia Técnica, las Fachadas Cantábrica y Atlántica en los últimos años, tienen cierta tendencia a la convergencia, con unos niveles de Eficiencia relativamente altos. La Fachada Mediterránea, por su parte, ha mantenido una tendencia muy lineal, y destaca en ella el bajo nivel de Eficiencia Técnica que experimenta.

Finalmente se han encontrado economías de escala decrecientes, así como falta de progreso técnico para el periodo que se ha considerado.

## ABSTRACT

The main objective of this work is to analyze the degree functioning of Spanish Economic Facades Ports, studying from an approximation of technical efficiency. The structure followed for classification Facades Port has been to separate into three. In this way are including 26 Spanish ports that have been used in the study, Cantabrian Facade, Atlantic Facade and Mediterranean Facade. This has been analyzed a database panel, which comprises period from 1986 to 2013 from data provided by the annual reports are published in the State Ports.

To perform this analysis has been carried out a study from parametric techniques with production functions. In this case they have been used both border production as stochastic and deterministic. For the study of deterministic border, it has been found that the transcendental logarithmic function (Translog), represents better than the Cobb-Douglas technology according to the data.

It has resulted striking to note, as studying the technical efficiency, the Cantabrian and Atlantic fronts in recent years, have a tendency to convergence, with relatively high levels of efficiency. The Mediterranean facade, meanwhile, has maintained a very linear trend, and it highlights the low level of technical efficiency are experiencing.

Finally found diminishing economies of scale and lack of technical progress for the period has been considered.

## 1.INTRODUCCION

El sistema portuario español ha sufrido diversas modificaciones a lo largo de su historia atendiendo a diversos motivos coyunturales y de pura necesidad organizativa y competitiva. Tanto es así, que ya desde la década de 1990 los cambios introducidos en el sistema portuario español buscaban una organización más competitiva. Esto se debe, entre otras razones, a que ya en el ámbito internacional, existe una preferencia por modelos para gestionar los sistemas portuarios combinando tanto la participación privada como pública.

Ante esta situación los puertos españoles se han ido separando las competencias caracterizadas por un agente público regulador, propiedad pública de infraestructuras y la provisión pública de los servicios.

En lo que respecta al marco legal, la regulación portuaria anterior a la década de los noventa estaba dispersa y no se abordaba de forma conjunta, remontándose alguna de las leyes al siglo XIX.

Coexistían en España tres modelos diferenciados de gestión de los puertos:

- Los puertos de Barcelona, Bilbao, Huelva y Valencia con un régimen de autonomía y gestionados por los denominados Puertos Autónomos
- El resto de puertos de interés nacional, que sumaban hasta 23, gestionados de forma más centralizada a través del ministerio de Obras Públicas
- El resto de puertos que carecían de personalidad jurídica propia, competencia de la Comisión Administrativa de Grupos de Puertos. (Rúa Costa, 2006)

Actualmente, tanto la estructura como la gestión de los Puertos del Estado está regulado por la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado e de la Marina Mercante junto a sus correspondientes modificaciones de 1997 y 2003.

El Sistema Portuario español, cuya Autoridad reside en el Estado, está compuesto por 44 puertos de interés general, organizados en 28 Autoridades Portuarias, cuya coordinación y eficiencia dependen del Ente Público Puertos del Estado. Finalmente, es competencia del Ministerio de Fomento la ejecución de la política portuaria del gobierno. (Romero, 2002)

Los puertos de interés estatal regulados por la Ley de 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (en adelante LPEMM), cuya modificación recogida en la Ley 62/1997, de 26 de diciembre, distingue entre dos tipos de puertos atendiendo a su titularidad: (Rúa Costa, 2006)

- De titularidad autonómica, dependientes del gobierno y de la Comunidad Autónoma donde están ubicados, y que hacen referencia a puertos deportivos, pesqueros o de refugio
- De titularidad estatal, hacen mención a los puertos de interés general puesto que reúnen alguna de las características recogidas en el artículo 5 de la LPEMM. Estas características son que, dichos puertos, realizan actividades comerciales internacionales, que tengan influencia no solo a la Comunidad Autónoma en la cual están ubicadas, sino en más Comunidades, que sean centros estratégicos de la economía española, que sus actividades sean suficientemente relevantes y respondan a las necesidades esenciales de la actividad económica y finalmente, que otorguen seguridad del tráfico marítimo, sobre todo en lo que respecta a las islas.

Cabe mencionar que la última Ley aprobada en materia de puertos es la de 33/2010, de 5 de agosto, por la que se modifica el régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general. Esto es, que se persiste en el empeño por la apertura de los servicios portuarios a la competencia. En ésta Ley queda más patente, si cabe, la evolución progresiva que comienza con unos puertos completamente de carácter público hacia puertos cada vez más abiertos a las actividades privadas y a la competencia. (Menéndez, 2013)

Como anteriormente se mencionó, son 44 puertos de interés general en España, pero están agrupados en 28 Autoridades Portuarias que se pasan a nombrar:

A Coruña	Huelva
Alicante	Las Palmas
Almería	Málaga
Avilés	Marín - Pontevedra
Bahía de Algeciras	Melilla
Bahía de Cádiz	Motril
Baleares	Santa Cruz de Tenerife
Barcelona	Pasajes
Bilbao	Santander
Cartagena	Sevilla
Castellón	Tarragona
Ceuta	Valencia
Ferrol - San Cibrao	Vigo
Gijón	Vilagarcía de Arousa

El resto de puertos están gestionados principalmente por las diferentes Comunidades Autónomas y hacen referencia a puertos deportivos y pesqueros, cuya actividad comercial es relativamente baja.

Las Autoridades Portuarias son un término utilizado en el ámbito internacional para referirse a los órganos de gestión de puertos. La LPEMM define dichas Autoridades Portuarias como aquellas Entidades de Derecho Público cuya personalidad jurídica y patrimonio son independientes del Estado y tienen absoluta libertad de obrar en la consecución de sus objetivos. Además, estarán reguladas por el ordenamiento jurídico privado, con excepción de las actividades que realicen de carácter público. (Rúa Costa, 2006)

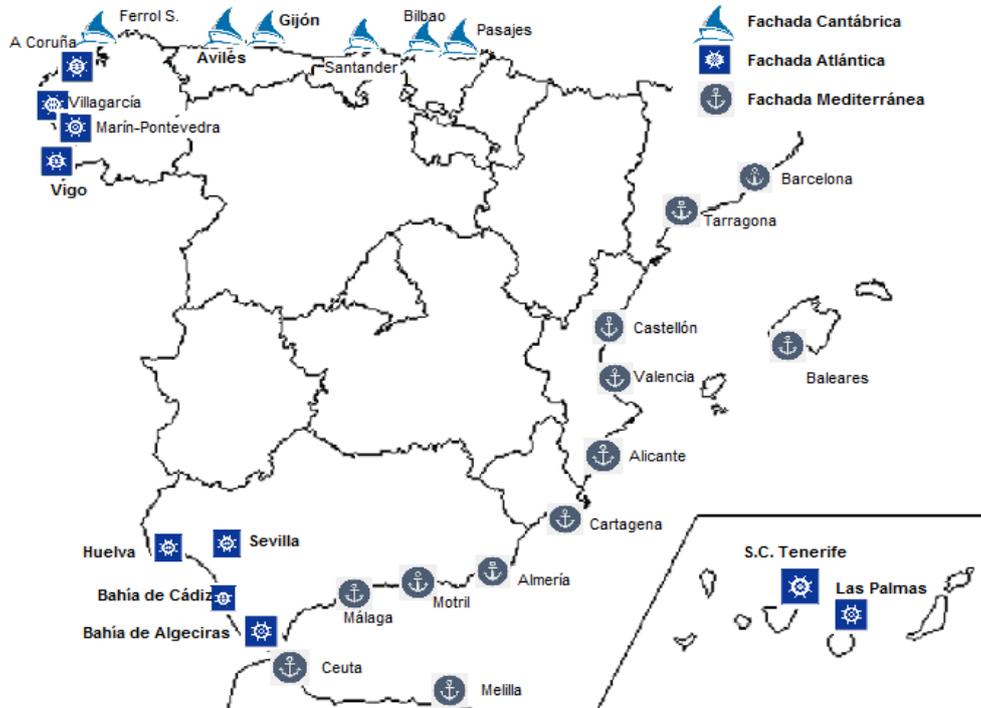
Con el objetivo de lograr una gestión más eficiente y un mejor rendimiento de los medios empleados, en una misma Autoridad Portuaria se pueden agrupar, tanto la administración, gestión y explotación de diversos puertos, cuya competencia sea del Estado.

En este Trabajo de fin de grado, se analizarán las Autoridades Portuarias mencionadas anteriormente agrupadas por Fachadas Portuarias. El objetivo es dotar al estudio de eficiencia de las Autoridades una visión más, a las ya establecidas. Se tratará de identificar cuáles son las más eficientes en cada Fachada Portuaria, y además identificar cuál es la Fachada Portuaria más eficiente.

# ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO ECONÓMICO DE LAS FACHADAS PORTUARIAS EN ESPAÑA: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL ENFOQUE DE LA EFICIENCIA.

Para ello se ha tenido en consideración tres Fachadas Portuarias, Fachada Cantábrica, Fachada Mediterránea y Fachada Atlántica divididas como aparece en la figura 1.

**Figura 1. Situación de las 28 Autoridades Portuarias ordenadas por Fachadas Portuarias**



Fuente: Elaboración propia a partir de Puertos del Estado

La figura mostrada, refleja las 28 Autoridades Portuarias divididas por Fachadas, lo cual, trata de centrar el objetivo del trabajo que se desarrolla.

Dicho Trabajo de fin de grado se estructura realizando en primera instancia una revisión literaria donde se realizará un estudio de investigación, con el fin de estudiar qué trabajos existen sobre la eficiencia, y centrando más el tema, qué estudios existen sobre la eficiencia portuaria española y por fachadas. En un segundo apartado, se realizará el estudio propiamente, donde se analizará en primer término la teoría aplicada en el estudio, con las fronteras de producción determinística y estocástica. Siguiendo se presentan los datos y los resultados de las estimaciones, así como los comentarios que susciten dichos resultados. Y finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones, junto con las referencias y bibliografía utilizados en la elaboración del trabajo.

## 2. REVISIÓN LITERARIA

En este apartado se tratará de hacer una revisión de lo que hasta la fecha se ha estudiado sobre la eficiencia, cuál es la definición que se va a utilizar para abordarla, qué autores la han utilizado en sus estudios. En el último apartado se realizará una revisión de la eficiencia, pero en éste caso haciendo referencia al trabajo que se desarrolla, en lo que respecta a la eficiencia en las Autoridades Portuarias.

## 2.1 REVISIÓN LITERARIA DESDE EL PUNTO DEL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA

El desarrollo de este apartado requiere de la explicación de dos conceptos clave para poder entender lo sucesivo, definiendo los conceptos de eficiencia y de frontera de posibilidades de producción.

La eficiencia refleja si los factores productivos se están usando al cien por cien, esto es, si los recursos son explotados al máximo de su capacidad productiva (Cachanosky, 2012). Para ello, el ratio que se realizará, para obtener la eficiencia será, aquel ratio entre la producción real y el resultante de la función frontera de producción para los mismos niveles tanto de empleo como de factores productivos (Battese & Coelli, 1988)

Si se atiende al análisis gráfico, en el cual se representa una curva de frontera de posibilidades de producción (FPP), aquel punto situado por debajo de dicha curva supone que los recursos no se están utilizando, generando lo que se denomina un punto *ineficiente*. Un punto situado por encima de la FPP se denominaría *inalcanzable* puesto que no se dispone de suficientes recursos para alcanzar dicho punto, y finalmente, aquel punto situado en la misma curva de la FPP implicaría que se están utilizando todos los recursos de los cuales se dispone, por lo que éste punto es *técnicamente eficiente*. La FPP es, por tanto, la máxima producción hipotéticamente alcanzable u output, por unidad productiva<sup>1</sup>, para cualquier nivel tanto de empleo como de factores productivos o *inputs*. (Cachanosky, 2012)

En la literatura existen multitud de análisis de eficiencia centrados en la obtención de ratios, con el fin de mostrar cuál es el rendimiento de la mano de obra, pero que no informa sobre otros factores productivos. Por ésta razón (Farrell, 1957) propuso una metodología de medición de eficiencia consistente en descomponer la eficiencia en dos componentes. La *Eficiencia Técnica*, que como se ha explicado en líneas anteriores refleja la capacidad de lograr el máximo *output* para un determinado nivel de *input* y la *Eficiencia Asignativa* que refleja la habilidad de utilizar los *inputs* de la manera más óptima posible. Ambos conceptos conforman lo que se denomina la Eficiencia Económica.

En lo que se refiere a los métodos destinados a estimar la eficiencia, según (Coelli, 1995) dividió dichos métodos en dos: los *métodos paramétricos*, que a través de técnicas econométricas estiman una frontera estocástica, y los *métodos no paramétricos*, como el DEA (análisis de envolvente de datos), que resuelven a través de la programación lineal el modelo objeto de estudio.

Remarcando, por tanto, las ventajas del modelo explicado en líneas anteriores: Análisis de envolvente de datos (DEA) se puede decir que en primer lugar impone condiciones que son menos restrictivas sobre la forma de la función de producción, y es capaz de adaptarse a diversos contextos, tales como aquellos con ausencia de precios o los multiproducto con cierta facilidad. Además, relaciona simultáneamente todos los inputs y outputs, identificando qué input está siendo infrautilizado.

La literatura que más conviene destacar en líneas sucesivas es la referente al análisis de la metodología paramétrica, pues es la metodología utilizada para estudiar las

---

<sup>1</sup> Por unidad productiva se hace referencia a cualquier empresa o en el caso de éste trabajo cualquier Autoridad Portuaria.

Autoridades Portuarias españolas desde la perspectiva de la eficiencia. Son, precisamente estos modelos de frontera econométrica, denominados con cierta frecuencia modelos de frontera determinística, lo cuales suponían que la eficiencia estaba explicada a partir de una variable aleatoria no negativa, que la emplearon autores tales como Aigner y Chu (1968) y Timmer (1971), y posteriormente Aigner, Lovell y Smith (1977) y Van den Broeck (1977), utilizaron metodologías basadas en la frontera de producción estocástica.

La diferencia fundamental entre ambas fronteras de producción, tanto la estocástica como la determinística basan sus diferencias fundamentalmente en el término de error. Aquellos estudios que utilizan la función de producción determinística toda la desviación está fundamentada en la ineficiencia. Por otro lado, la función de producción estocástica, dividen el término de error en dos componentes: el primero de ellos hace referencia a la ineficiencia técnica en la producción, y un error aleatorio simétrico no controlable durante la producción, el cual sí tiene una influencia sobre ésta.

Respecto a la idoneidad del empleo de las metodologías determinística y estocástica no se ha producido consenso, cuya decisión final, de emplear una u otra queda relegado al investigador en tanto sea más recomendable para su estudio.

A partir de los estudios de fronteras estocásticas realizados por Aigner, Lovell y Smith (1977) y Van den Broeck (1977), han surgido diversas variaciones. Inicialmente el análisis no tenía en cuenta la variable temporal de la eficiencia, por lo que obtenía un valor medio de la eficiencia técnica. Kumbhakar (1990) dota de variabilidad temporal al cálculo de eficiencia lo que permite analizar en la frontera estocástica el pasado personal de las empresas y la posibilidad de aprender de ello.

Posteriormente surgen nuevos estudios sobre fronteras estocásticas a través del concepto analizado en líneas anteriores de la variabilidad temporal, donde utilizaban un modelo de distribución semi-normal a través de los efectos de ineficiencia de media cero, realizados por Aigner, Lovell y Schmidt (1977).

Para eliminar las rigideces, en los estudios realizados de eficiencia Battese y Coelli (1995) utilizan un panel de datos de empresas, donde realizan un análisis a través de una función de producción estocástica. Los efectos de la ineficiencia son asumidos para ser distribuidos independientemente como truncamientos de distribuciones normales con varianza constante, pero que significa que son funciones lineales de variables observables

## **2.2 REVISIÓN LITERARIA DESDE EL PUNTO DEL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LAS AUTORIDADES PORTUARIAS ESPAÑOLAS**

Son muchos y muy variados estudios relativos a la eficiencia de los puertos españoles, tomando varios y diversos períodos de tiempo con el fin de dotar al estudio de suficiente consistencia.

En lo que se refiere a puertos, los cuales se consideran como los productores de varios outputs<sup>2</sup>, la forma funcional más común es la trascendental logarítmica o, más conocida como translog, que es una función cuadrática, que corresponde a un desarrollo de

---

<sup>2</sup> Outputs: mercancía general, graneles líquidos, graneles sólidos, contenedores y pasajeros

Taylor de segundo orden de la función de costes. De los estimadores de la Translog resultan las elasticidades coste-producto necesarias para la obtención de las economías de densidad. Estos análisis han sido utilizados para el desarrollo de estudios de puertos españoles recogidos en González y Trujillo (2009).

Observándolo desde el punto de vista de la eficiencia, la definición a tener en cuenta de la función productiva es la que proporciona la máxima cantidad de producto que es posible obtener para cada vector de cantidades apiladas de los factores productivos o inputs. (Nuñez Sánchez, et al., 2012). La característica principal es aquella que especifica el máximo valor alcanzado de la función bajo las restricciones impuestas por medio de la tecnología existente, y que se puede denominar como optimalidad. De esta forma describe una frontera que es lo que se conoce como frontera de producción.

Cuando se habla de medidas de eficiencia, en lo que se refiere a puertos, se obtienen a través de la comparativa entre los valores observados para cada unidad productiva con el óptimo establecido por la frontera de producción estimada. En la literatura esta función se conoce “función frontera”. Esta “función frontera” caracteriza el comportamiento óptimo de un productor eficiente, y de ésta forma, marca los límites de la producción, que es la variable dependiente. (Nuñez Sánchez, et al., 2012)

Cuando existen grandes diferencias en lo que a tamaño de las unidades productivas se refiere, comprobado en diversos estudios de puertos españoles (González & Trujillo, 2009), lo más conveniente a este respecto, es comparar cada unidad productiva con otras parecidas, en lo que se refiere a escala y producción, puesto que la diferencia de magnitud de la ineficiencia se puede deber a la escala.

La literatura más específicamente económica, sobre competencia en puertos se encuentra en (Baños-Pino, et al., 1999) (Coto Millán, et al., 2000), donde para realizar el estudio, se emplea una función de producción estocástica para estimar la eficiencia económica de los puertos españoles. Realiza una comparación entre las dos funciones Cobb-Douglas y la transcendental logarítmica, donde comprueba finalmente que es esta última la que representa mejor la tecnología de acuerdo con el panel de datos del cual dispone. Por tanto, las investigaciones introducen las funciones de producción y las funciones de costes para obtener los niveles de eficiencia técnica y económica. Estos estudios parten de la situación de que un puerto, cuanto más eficiente es, más competitivo resulta, dado que los outputs, inputs y la tecnología disponible son similares en todos los puertos. Los outputs normalmente empleados son las toneladas, ya sean las toneladas totalmente movidas, las cuales hacen referencia a un solo output, o las toneladas de graneles sólidos, líquidos o la mercancía en general, la cual representa a varios outputs. Además, se suele utilizar el número de pasajeros, cuya incorporación ha sido reciente, pero que cuenta con buenos resultados tal y como aparece reflejado en (Nuñez-Sánchez, et al., 2011). Precisamente en éste estudio se analiza, cómo a pesar de que los puertos se conciben generalmente para transferir mercancías de diversa índole, el movimiento de pasajeros tiende a ser olvidado. Se investiga precisamente la importancia de éstos en los costes de infraestructura portuaria a través de la estimación de una función de costes “multi-output”. Por otro lado, comparan los costes marginales de las diferentes cargas con los límites de precios impuestos por la ley.

Los principales trabajos desarrollados lo que se refiere a funciones de producción y costes, donde se estudia la productividad en los puertos, la estructura de costes, la eficiencia económica, técnica y asignativa, la competitividad, haciendo una mención fundamental a los puertos españoles se pasan a describir a continuación:

En Kim y Sachis (1986) modelizan y estiman una estructura de producción, el cambio técnico y el crecimiento de la productividad en los puertos, mostrando especial atención a la especificación de cambio tecnológico medido como porcentaje del transporte con contenedores, y cuyos resultados se obtenía a partir de las elasticidades de las demandas de inputs. Fueron pioneros en estimar una función de producción para los puertos, cuya finalidad se centraba en cuantificar el cambio técnico portuario.

En Martínez-Budría (1996) donde a través de una función de costes, usando datos de panel, de los puertos españoles, competencias de las Juntas de Puertos y los Puertos Autónomos estudiados entre el período 1985 y 1989. Estimaron la función de costes para un agregado de la actividad y la ordenación de los puertos según el nivel de costes. Es uno de los primeros trabajos, que emplea una función de costes para estudiar el sistema portuario español.

En (Jara-Díaz, et al., 2002) emplea una función de coste multiproducto para los servicios de infraestructura en los puertos españoles, donde realiza la estimación utilizando 286 observaciones de 26 puertos durante 11 años. Calcula los costes marginales de carga y el grado de economías de escala.

Atendiendo al estudio sobre Fachadas Portuarias españolas más específicas en lo que respecta al trabajo que se desarrolla conviene mencionar a (Medal Bartual, 2011) donde realiza una previsión de análisis de la eficiencia del Sistema Portuario Español a través de la aplicación de la metodología DEA (explicado en líneas anteriores).

### **3.MARCO TEORICO**

En éste apartado se trata de explicar cuán es de importante la metodología utilizada para obtener, de la forma más completa la eficiencia técnica en el tema que se desarrolla.

Para ello se utilizan las estimaciones de funciones de producción a través de técnicas econométricas, pues gracias a esta metodología, se puede estudiar la eficiencia de las autoridades portuarias mucho mejor que utilizando indicadores de productividad. Además, aporta información relevante sobre la relación tecnológica existente entre inputs y outputs. (de Reus, et al., 2003)

Una metodología alternativa a las funciones de producción, en referencia a los datos que requiere, son las funciones de costes. La función de coste total representa el mínimo coste en el que un nivel de output se produce, dada una tecnología y unos precios de los factores de producción utilizados. (Coto Millán, et al., 2000)

Estos dos análisis, tanto de las funciones de producción, como el de la función de costes se complementan con el fin de abordar el estudio de las tecnologías de producción de las empresas en términos de eficiencia.

Se emplean, pues dos análisis. En el primero de ellos se propone una función frontera de producción determinística y posteriormente una frontera de producción estocástica a través de variables ficticias.

### 3.1 MODELO TEÓRICO EMPÍRICO

En éste apartado se trata de explicar la metodología de estimación utilizada para analizar los datos. A modo de recordatorio, se está estudiando la eficiencia de las Autoridades españolas desde el año 1986-2013 (por el momento a la espera de actualización de las memorias anuales en Puertos del Estado). Y este período de tiempo se está analizando en tres fachadas portuarias, en las cuales se ha dividido el estudio (*Fachada Cantábrica, Fachada Atlántica y Fachada Mediterránea*).

Precisamente, es por este motivo, que el estudio se divida en tres partes, o *fachadas* (en todas y cada una de ellas se seguirá la misma metodología). Como en las tres fachadas el modelo teórico es el mismo, de manera genérica y teórica se explicará a continuación para posteriormente mostrar los datos de cada una de las partes.

#### 3.1.1 Frontera de producción determinística

Dicho modelo se expresa a partir de la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = f(X_{kit}; \beta_k) \exp(-u_{it})$$

Donde  $Y_{it}$  representa la función *i-ésima* de la unidad productiva ( $i = 1, \dots, N$ ) en el período de observación  $t$ . La función de producción se representa a través de la expresión  $f(X_{kit}; \beta_k)$ . La cantidad de factor *k-ésimo*  $X_{kit}$  que se emplea para producir la observación  $t$  de la *i-ésima* unidad productiva y  $\beta_k$  se refiere a los parámetros desconocidos que hacen referencia a cada uno de los factores productivos  $K$ . Finalmente  $u_{it}$  es el error aleatorio independiente e idénticamente distribuido (iid). Dicho error aleatorio se distribuye según  $N(0, \sigma^2)$

Una vez realizada dicha estimación de la frontera de producción se estima la función frontera de producción a partir de la metodología de Greene (1980), a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos (MCOOC).

Con la estimación de la Frontera se obtienen los residuos (siguiendo la metodología de Greene (1980) y se realiza una estimación tal:

$$\beta_0^{MCOOC} = \beta_0 + u_{it}^{max}$$

Lo que se pretende realizando esta estimación es agregar al término independiente el residuo máximo obtenido en la estimación.

Posteriormente se calcularía la eficiencia técnica utilizando la siguiente expresión:

$$ET_{it} = \exp(-u_{it}) = \frac{Y_{it}}{y_{it}}$$

Donde,  $ET_{it}$  hace referencia a la eficiencia técnica de la unidad productiva *i-ésima* asociada a la observación  $t$ ,  $Y_{it}$  es la producción real de dicha unidad productiva,  $y_{it}$  es la producción máxima alcanzable de manera hipotética para los factores productivos empleados.

Y para terminar éste proceso de estimación de la frontera de producción determinística se obtienen los factores determinantes de los niveles de eficiencia técnica a partir de la siguiente expresión:

$$ET_{it} = g(z_{jit}; \delta_j) + w_{it}$$

### 3.1.2 Frontera de producción estocástica

Las denominadas fronteras estocásticas, surgidas a partir de los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van Broeck (1977), se motivaron en la teoría de que las desviaciones respecto a la frontera no están completamente bajo el control del dato analizado. Para llevar a cabo este enfoque se utilizan dos tipos de término de error de una y dos colas. Dado por tanto un número de inputs, hay un producto máximo posible, pero dicho nivel máximo es aleatorio. Por esta razón, estas variables aleatorias se distribuyen según una normal  $N(0, \sigma_u^2)$ . Una vez tenida en cuenta la posibilidad del ruido estadístico, lo que resta es ineficiencia.

A continuación, se presenta la definición de la frontera de producción:

$$Y_{it} = f(X_{kit}; \beta_k) \exp(v_{it} - u_i)$$

Donde  $Y_{it}$  representa la producción  $i$ -ésima de la unidad productiva  $i$ , en la observación  $t$ . La función de producción considerada en este caso se expresa a partir de  $f(X_{kit}; \beta_k)$  donde  $X_{kit}$  es la cantidad que se emplea para producir la observación  $t$  de la  $i$ -ésima unidad productiva y  $\beta_k$  se refiere a los parámetros desconocidos que hacen referencia a cada uno de los factores productivos  $K$ . En este caso el error  $u_i$  representa la ineficiencia de la unidad productiva  $i$ -ésima y es independiente e idénticamente distribuido (iid). Dicho error aleatorio se distribuye según  $N(0, \sigma_u^2)$ .  $v_{it}$  es el ruido blanco o variable aleatoria. Dicho error aleatorio independiente e idénticamente distribuido (iid) y se distribuye según  $N(0, \sigma_v^2)$ .

Y se puede expresar también como:

$$\ln Y_i = \alpha + X\beta + v_i + u_i$$

En este caso la  $X$  hace referencia a la matriz del logaritmo de los inputs, y el término de error se divide en dos términos. Se denomina variable aleatoria compuesta ( $\varepsilon_i = v_i + u_i$ ), en la que  $v_i$  es una variable aleatoria no restringida y  $u_i$  es el término de ineficiencia.

El cálculo de la frontera de producción estocástica y la obtención de la eficiencia de las Autoridades portuarias se realiza una regresión incluyendo las variables ficticias de unidad, denominadas *dummys*.

El nivel de eficiencia técnica ( $ET_i$ ) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$ET_i = \exp(-u_i) = \exp(\delta_i - \delta_{max})$$

Donde,  $ET_i$  se refiere a la eficiencia técnica de la  $i$ -ésima unidad productiva y el término  $\delta_i$  hace referencia al parámetro asociado a la  $i$ -ésima unidad de las diferentes variables ficticias. En este caso  $\delta_{max}$  se refiere al parámetro asociado más elevado obtenido en la regresión.

En el caso que ocupa este trabajo la aproximación que se utilizará será a partir de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Para ello se parte de la ecuación siguiente:

$$\ln Y_i = \alpha + \beta \ln X_i - u_i$$

Aunque en el apartado de resultados se explique con más detalle, simplemente mencionar que dichos resultados se presentan a partir de la forma funcional Cobb-

Douglas (1928), que surge de la denominada función trascendental logarítmica (Translog) (Christensen, et al., 1973).

La ecuación a estimar, para la posterior obtención de la Eficiencia Técnica es:

$$\ln Y_i = \alpha + \beta \ln X_i + \sum_{i=1} \delta D_i$$

Donde  $\delta$  es el parámetro asociado a cada variable ficticia de unidad o *dummy*.

El nivel de eficiencia técnica ( $TE_i$ ) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$TE_i = \exp(\delta_{max} - \delta_i)$$

## 4. DATOS

El objetivo que se persigue en este estudio es la obtención de la eficiencia técnica de las 28 Autoridades Portuarias que componen los Puertos del Estado Español. Para ser rigurosos, a pesar de que existen 28 Autoridades Portuarias, se ha excluido el Puerto de Sevilla puesto que es un puerto de índole fluvial que ocasiona problemas en las estimaciones. Por otro lado, se han analizado de forma conjunta los puertos de Almería y Motril, dado que en 2004 y en los años precedentes se encontraban unificados en la misma autoridad portuaria y no existían datos por separado.

La base de datos utilizada comprende un período de tiempo desde 1986-2013, pues es el último año en el cual existen datos en las Memorias de las Autoridades Portuarias y Anuarios Estadísticos de Puertos del Estado, en relación a las cuentas de resultados anuales de las 27 Autoridades Portuarias. (Estado, 2015)

Para definir las fronteras de producción se han utilizado, en lo que se respecta a la variable dependiente, el output producido, que en este caso hace referencia a los ingresos (*Income*) facilitados por cada Autoridad Portuaria cada año. Como variables independientes, variables input, se han utilizado el número de trabajadores ( $L$ ) para poder aproximar en la mayor medida de lo posible la variable trabajo, los consumos intermedios ( $C$ ) medidos en toneladas, y para aproximar la variable capital ( $K$ ) se ha realizado un cálculo a partir de los datos facilitados por las Autoridades portuarias. Dicho cálculo se ha realizado, obteniendo el diferencial del activo total ( $At$ ) menos el coste de capital real ( $Ckr$ ). Además, se han incluido dos variables de control como son la tendencia temporal (*trend*) y la tendencia temporal al cuadrado (*trend<sup>2</sup>*).

Las variables medidas en unidades monetarias han sido corregidas a precios constantes del año 2001, a través del índice de precios al consumo (IPC), sacado de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística. (Instituto Nacional de Estadística, 2016)

## 5. RESULTADOS

A continuación, se van a presentar los resultados de las diferentes estimaciones realizadas, a partir de las fronteras de producción presentadas en el apartado anterior, junto con los diferentes determinantes de eficiencia técnica. Este apartado se divide en dos con el fin de poder mostrar los resultados de la frontera de producción determinística en primer lugar y estocástica en segundo lugar.

## 5.1 RESULTADOS FRONTERA DE PRODUCCIÓN DETERMINÍSTICA

Por lo que respecta a la obtención de la función frontera de producción determinística, la forma funcional utilizada es la Transcendental Logarítmica (Translog) (Christensen, et al., 1973), puesto que no solamente es la más utilizada en la literatura, sino que a través de diversas comprobaciones, es la que mejores resultados da. Aun así, se realiza la estimación con función Cobb-Douglas (1928). Para comprobar cuál de los dos modelos es más conveniente utilizar se realiza el contraste de Wald (que sigue una distribución chi cuadrado) (Wooldridge, 2010). Según los resultados obtenidos, la hipótesis nula se rechaza, razón por la cual, las variables son significativas y se emplea la Translog.

Los modelos que se proponen para realizar la estimación de los datos de panel de 26 autoridades portuarias, estudiadas en un período de tiempo de 28 años son el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios. Para saber cuál es el modelo que da mejores resultados, es necesario realizar otro contraste. En este caso se emplea el de Hausman (Wooldridge, 2010). Con el contraste de Hausman, la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, es mejor utilizar efectos aleatorios, resulta finalmente, dado que el *p-valor* es próximo a cero, se rechaza la hipótesis nula y se emplea efectos fijos.

El siguiente modelo muestra la ecuación Translog utilizada para la obtención de la frontera de producción determinística:

$$\ln(\text{income}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln C_{it} + \beta_4 (\ln L_{it})^2 + \beta_5 (\ln K_{it})^2 + \beta_6 (\ln C_{it})^2 + \beta_7 (\ln L_{it} \cdot \ln K_{it}) + \beta_8 (\ln K_{it} \cdot \ln C_{it}) + \beta_9 (\ln L_{it} \cdot \ln C_{it}) + \beta_{10} t + \beta_{11} t^2 + u_{it}$$

Tabla 1. Función de producción

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
<b>(Trabajo)L</b>	0,322758	0,0567704	5,6853	<0,00001	***
<b>(Capital)K</b>	0,124052	0,0520657	2,3826	0,01843	**
<b>(Consumos Int.)Ci</b>	0,131109	0,036435	3,5984	0,00043	***
<b>L<sup>2</sup></b>	-0,00502166	0,0675463	-0,0743	0,94084	
<b>K<sup>2</sup></b>	-0,023747	0,049761	-0,4772	0,63389	
<b>Ci<sup>2</sup></b>	0,177934	0,0504867	3,5244	0,00056	***
<b>L*K</b>	-0,239829	0,0797609	-3,0068	0,00309	***
<b>L*Ci</b>	0,0124441	0,069128	0,18	0,85738	
<b>K*Ci</b>	-0,263055	0,0943372	-2,7885	0,00598	***
<b>Tiempo</b>	0,0270858	0,0067197	4,0308	0,00009	***
<b>Tiempo<sup>2</sup></b>	-0,00065674	0,000201727	-3,2556	0,0014	***
<b>Log Verosimilitud</b>	113,055				

Significación estadística: 1%(\*\*\*), 5%(\*\*), 10%(\*)

Elaboración propia a partir del programa econométrico Gretl

Por tanto, como se explicó en líneas anteriores, la estimación se realiza utilizando el estimador de efectos fijos. Los parámetros obtenidos se presentan en la tabla 1. Los coeficientes de las variables pueden ser interpretadas como elasticidades, dado que las dichas variables fueron tomadas en forma de desviaciones respecto de la media.

Los parámetros asociados a las variables de trabajo, capital y consumos intermedios tienen signo positivo y son todas ellas significativas a un nivel de confianza de al menos el 5%. Además, el coeficiente de determinación (R-cuadrado) tiene un valor de 0,970717

lo cual indica que es un modelo en el cual, las variables input, explican bien la variable output.

Según éste modelo, si se analizan los rendimientos a escala, en éste caso son decrecientes, lo que pone de manifiesto, que, si se aumenta un 1% la utilización del trabajo, capital y consumos intermedios, los ingresos de las Autoridades Portuarias disminuirán en menos de un 1%.

### 5.1.1 Resultados eficiencia técnica. Frontera de producción determinística

La eficiencia técnica a través de la metodología determinística de cada una de las Autoridades Portuarias se define como el cociente existente entre el output real derivado de la base de datos y el output obtenido de la frontera determinística para el número de factores productivos empleados.

$$ET_{it} = \frac{Y_{it}}{Y_{itc}} = \exp(-u_i)$$

Dicha eficiencia técnica (ET) toma como máximo el valor 1 que significa el 100 por 100 de la eficiencia y como mínimo el valor 0 lo cual muestra que, en este caso sería la Autoridad Portuaria no eficiente.

En la tabla 2 se presentan los resultados por fachadas portuarias (fachada cantábrica, atlántica y mediterránea) mediante un ranking de valores de eficiencia técnica, obtenidos a través del promedio entre todos los valores obtenidos de cada autoridad portuaria, en el período de tiempo objeto de estudio.

<i>RANKING</i>	<i>AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1	Avilés	0,75162
2	Ferrol	0,75058
3	Bilbao	0,74832
4	Pasajes	0,74618
5	Gijón	0,74570
6	Santander	0,74447

<i>RANKING</i>	<i>AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1	A Coruña	0,66334
2	Vilagarcía	0,65536
3	Vigo	0,65500
4	Huelva	0,65441
5	Marín- Pontevedra	0,65390
6	Bahía de Cádiz	0,65287
7	Bahía de Algeciras	0,65180
8	Las Palmas	0,65141
9	Santa Cruz	0,64983

**Tabla 4. Ranking ET por metodología determinística para Fachada Mediterránea**

<i>RANKING</i>	<i>AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1	Almería	0,37730
2	Málaga	0,37411
3	Melilla	0,37130
4	Baleares	0,36734
5	Tarragona	0,36712
6	Alicante	0,36498
7	Ceuta	0,36481
8	Cartagena	0,36433
9	Castellón	0,36430
10	Barcelona	0,36353
11	Valencia	0,36330

*Elaboración propia a partir del programa econométrico Gretl*

Es bastante llamativo, cómo los resultados de las eficiencias técnicas de cada una de las fachadas muestran una clara diferencia entre las distintas Fachadas Portuarias. Como se puede apreciar, en las tres tablas anteriores, (tabla 2, tabla 3, tabla 4), en los datos de las fachadas cantábrica y Atlántica las eficiencias técnicas superan E.T.= 0,5, siendo, tal y como se puede apreciar, la Fachada Cantábrica aún más eficiente si cabe. Pero reseñable es, el resultado de la eficiencia técnica promedio de las Fachada Mediterránea, en tanto que los resultados de la misma son bastante bajos.

A modo ilustrativo, se acompaña el gráfico 2 correspondiente a los resultados del cálculo de la Eficiencia Técnica promedio en cada uno de los años de estudio en las Fachadas Portuarias, con el fin de mostrar lo siguiente:

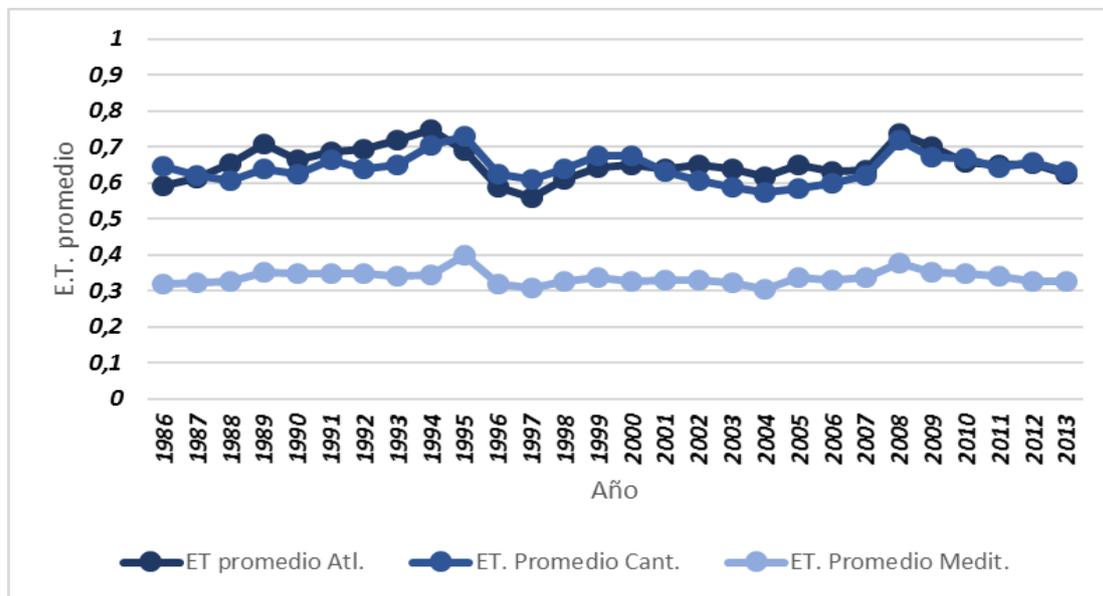
- Mostrar la evolución temporal de la Eficiencia Técnica de las Autoridades Portuarias por fachadas, en el período temporal objeto de estudio (1986-2013).
- Mostrar, de forma más visual, la diferencia entre las Fachadas Portuarias, en lo que se refiere a la Eficiencia Técnica.
- Realizar una comparación en la tendencia temporal de la Eficiencia Técnica.

En el gráfico 2, se puede ver como las Fachadas Cantábrica y Atlántica tienden a la convergencia, con unos niveles relativamente altos de eficiencia. Además, han llevado una evolución muy similar a lo largo del período, tanto en lo que se refiere a aumentos en los niveles de eficiencia, como en las bajadas. A comienzos del período existía cierta divergencia en cuanto a su evolución, pero tal y como se comenta al final del período tienden a convergir. Esto puede estar motivado a que son puertos donde existen diferencias en cuanto a su especialización.

Otro factor que puede motivar la diferencia, es la cuestión geográfica. A pesar de que por razones de logística es complicado que un puerto pueda mejorar la situación geográfica, razón que motiva, de forma muy importante la competitividad de dicho puerto. Si bien es complicado mejorar la ubicación geográfica, existen, actualmente formas de conseguirlo. A través de la proximidad de un *hinterland*, que aproxime a zonas importantes de consumo y producción, o bien a través de puertos *hub*, para mejorar su ubicación estratégica a través de importantes rutas marítimas.

mientras que la Fachada Mediterránea, manteniendo unos niveles bastante bajos de eficiencia técnica, apenas ha variado su nivel de eficiencia, la cual se ha mantenido similar en todo el período.

**Gráfico 2. Comparativa de evolución temporal de la eficiencia técnica, Fachadas Portuarias, 1986-2013.**



Fuente: Elaboración propia

## 5.2 RESULTADOS FRONTERA DE PRODUCCIÓN ESTOCÁSTICA

Para la obtención de la frontera de producción estocástica se ha realizado, como se explicó en líneas anteriores a través de la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Wooldridge, 2010) puestos que se obtienen mejores resultados. Se estima en este caso una función *Cobb-Douglas* donde la variable output es el logaritmo de los ingresos y las variables output son los logaritmos del trabajo, capital y consumos intermedios respectivamente. Además, se han incluido una tendencia temporal y una tendencia temporal al cuadrado como variables de control, así como todas las variables ficticias de unidad, que en éste caso se corresponden con las Autoridades Portuarias. A continuación, se presenta el modelo de estimación:

$$\ln(\text{income}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_{it}) + \beta_2 \ln(K_{it}) + \beta_3 \ln(Ci_{it}) + \beta_4 t_{it} + \beta_5 t_{it}^2 + \beta_6 \sum_{i=1}^{26} \delta_{it} + \varepsilon_{it}$$

En la tabla 5 se presentan los resultados de la estimación de la frontera por metodología estocástica a través de mínimos cuadrados ordinarios (Wooldridge, 2010). Dado que para la estimación se utilizan logaritmos para linealizar la función *Cobb-Douglas*, los coeficientes obtenidos pueden considerarse elasticidades.

Los parámetros estimados de primer orden tienen signo positivo, lo cual, es el signo esperado, y todos ellos son significativos al 1 por ciento. Como en la metodología determinística, se detectan economías de escala decrecientes, como medida del parámetro de actividad en el cual incrementos porcentuales del 1% del output producen aumentos de los costes del 0,81%.

**Tabla 5. Función de Producción Estocástica**

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
<b>Const</b>	7,64419	0,49462	15,4547	<0,00001	***
<b>L</b>	0,461727	0,0338891	13,6246	<0,00001	***
<b>K</b>	0,18077	0,0295713	6,113	<0,00001	***
<b>Ci</b>	0,165551	0,0224404	7,3774	<0,00001	***
<b>Trend</b>	0,0187597	0,00351428	5,3381	<0,00001	***
<b>Trend<sup>2</sup></b>	-0,0002628	0,000107559	-2,4441	0,01477	**
<b>A Coruña</b>	0,688311	0,0709859	9,6964	<0,00001	***
<b>Alicante</b>	0,21683	0,0596219	3,6367	0,0003	***
<b>Almería-Motril</b>	0,496745	0,0558581	8,893	<0,00001	***
<b>Avilés</b>	0,322788	0,0557676	5,7881	<0,00001	***
<b>Bahía de Algeciras</b>	1,1069	0,0831244	13,3162	<0,00001	***
<b>Bahía de Cádiz</b>	0,342569	0,0701274	4,885	<0,00001	***
<b>Baleares</b>	0,632483	0,0769856	8,2156	<0,00001	***
<b>Barcelona</b>	1,12322	0,108915	10,3129	<0,00001	***
<b>Bilbao</b>	0,989827	0,0987766	10,0209	<0,00001	***
<b>Cartagena</b>	0,877124	0,0662981	13,23	<0,00001	***
<b>Castellón</b>	0,571692	0,0550717	10,3809	<0,00001	***
<b>Ceuta</b>	0,308639	0,0546548	5,6471	<0,00001	***
<b>Ferrol</b>	0,394105	0,0508667	7,7478	<0,00001	***
<b>Gijón</b>	0,762082	0,0840759	9,0642	<0,00001	***
<b>Huelva</b>	0,727715	0,0794838	9,1555	<0,00001	***
<b>Las Palmas</b>	0,815002	0,0883538	9,2243	<0,00001	***
<b>Málaga</b>	0,32313	0,0624134	5,1772	<0,00001	***
<b>Marín-Pontevedra</b>	0,300359	0,0466435	6,4395	<0,00001	***
<b>Melilla</b>	0,0070434	0,0485865	0,145	0,88478	
<b>Pasajes</b>	0,277954	0,0652895	4,2573	0,00002	***
<b>Santa Cruz</b>	0,691815	0,08161	8,4771	<0,00001	***
<b>Santander</b>	0,460407	0,0736482	6,2514	<0,00001	***
<b>Tarragona</b>	0,912562	0,0822644	11,093	<0,00001	***
<b>Valencia</b>	1,07849	0,0980983	10,994	<0,00001	***
<b>Vigo</b>	0,591416	0,0687469	8,6028	<0,00001	***
<b>Log Verosimilitud</b>	282,859				

Significación estadística: 1%(\*\*\*), 5%(\*\*) y 10%(\*)

Fuente: elaboración propia a partir del programa econométrico gretl

### 5.2.1 Resultados eficiencia técnica. Frontera de producción estocástica

Para la obtención de la eficiencia técnica de las Autoridades Portuarias por fachadas, en lo que respecta a la metodología estocástica, a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios, se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$ET_i = \frac{1}{\exp(\beta_{max} - \beta_i)}$$

Donde  $\beta_{max}$  corresponde al coeficiente del parámetro asociado a la Autoridad Portuaria más elevado y  $\beta_i$  al parámetro que se está estudiando. Esto se hace para las tres fachadas portuarias, siendo las más eficientes aquellas cuya eficiencia técnica es uno, distribuidas en un ranking donde están ordenadas de la más a la menos eficiente.

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos de las eficiencias técnicas en tres tablas, donde en la tabla 6 muestra la eficiencia técnica de la Fachada Cantábrica, en la tabla 7 los resultados de la eficiencia técnica de la Fachada Atlántica y, finalmente, en la tabla 8 los resultados de la eficiencia técnica de la Fachada Mediterránea.

<b>Tabla 6. Ranking ET por metodología estocástica para Fachada Cantábrica</b>	
<i>RANKING AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1 <i>Bilbao</i>	1
2 <i>Gijón</i>	0,79633
3 <i>Santander</i>	0,58895
4 <i>Ferrol</i>	0,55116
5 <i>Aviles</i>	0,51323
6 <i>Pasajes</i>	0,49072

<b>Tabla 7. Ranking ET por metodología estocástica para Fachada Atlántica</b>	
<i>RANKING AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1 <i>Bahía de Algeciras</i>	1
2 <i>Las Palmas</i>	0,74684
3 <i>Huelva</i>	0,68442
4 <i>Santa Cruz</i>	0,66028
5 <i>A Coruña</i>	0,65797
6 <i>Vigo</i>	0,59721
7 <i>Bahía de Cádiz</i>	0,46565
8 <i>Marín Pontevedra</i>	0,44640

**Tabla 8. Ranking ET por metodología estocástica para Fachada Mediterránea**

<i>RANKING</i>	<i>AUTORIDAD PORTUARIA</i>	<i>ET. PROMEDIO</i>
1	<i>Barcelona</i>	1
2	<i>Valencia</i>	0,9563
3	<i>Tarragona</i>	0,8101
4	<i>Cartagena</i>	0,7818
5	<i>Baleares</i>	0,6122
6	<i>Castellón</i>	0,5761
7	<i>Almería-Motril</i>	0,5345
8	<i>Málaga</i>	0,4493
9	<i>Ceuta</i>	0,4428
10	<i>Alicante</i>	0,4040
11	<i>Melilla</i>	0,3275

*Elaboración propia a partir de programa econométrico Gretl*

La eficiencia técnica se muestra en un rango entre 0 y 1 donde la Autoridad Portuaria más eficiente es la que tenga el valor uno, es decir el 100 por cien de la eficiencia, y cuanto más próxima a cero más ineficiente. A tales efectos, las Autoridades Portuarias que a todas luces tienen mayores eficiencias por fachadas son, en la Fachada Cantábrica Bilbao, en la Fachada Atlántica Bahía de Algeciras, y en la Fachada Mediterránea Barcelona, seguida muy de cerca por Valencia y Tarragona con unos niveles de eficiencia altos. Las Autoridades Portuarias, en contraposición, más ineficientes se corresponden en la Fachada Cantábrica con Pasajes, en la Fachada Atlántica Marín-Pontevedra y en la Fachada Mediterránea Melilla.

## 6.CONCLUSION

En este trabajo de fin de grado, donde se estudian los principales puertos españoles por fachadas (Fachada Cantábrica, Atlántica y Mediterránea), a través de una aproximación desde la eficiencia técnica, se han analizado usando datos de panel, en el periodo de tiempo analizado, comprendido entre los años 1986-2013.

Para llevar a cabo este estudio se ha recurrido a dos metodologías, con fronteras de producción determinística y estocástica a partir de los cuales se han obtenido las eficiencias técnicas.

A través del análisis con frontera de producción determinística, la cual permite la observación de cómo la eficiencia técnica varía temporalmente, se puede observar que las Fachadas Cantábrica y Atlántica obtienen mejores resultados en cuanto a eficiencia, manteniendo una evolución muy similar a lo largo del período estudiado, observando una convergencia en cuanto al nivel de eficiencia técnica. Sin embargo, la Fachada Mediterránea obtiene unos resultados muy bajos y alejados de las otras Fachadas.

Atendiendo a los resultados obtenidos con la metodología de frontera de producción estocástica se puede ver como las Fachadas más eficientes son Bilbao (Fachada Cantábrica), Bahía de Algeciras (Fachada Atlántica) y Barcelona seguida muy de cerca por Valencia (Fachada Mediterránea).

La diferencia observada entre fachadas puede deberse a la diferencia sustancial existente entre las distintas Autoridades Portuarias, donde entran factores como el

tamaño de los Puertos, o bien la especialización de sus tráficos. En lo que se refiere a la evolución de las cargas y descargas entre fachadas han seguido patrones distintos. En definitiva, son factores que en mayor o menor medida afectan a la eficiencia.

Este estudio podría ampliarse a través del análisis utilizando la metodología de envolvente de datos (DEA), para realizar una comparación sobre los resultados obtenidos en este estudio y dotarlo de datos de eficiencia mejores. No obstante, la Ley 33/2010, de 5 de agosto señala “la exigencia de adoptar medidas en España que mejoren la gestión de nuestros puertos y su eficiencia impulsando su competitividad en una coyuntura de fuerte competencia internacional” con su posterior actualización, deben de servir para dinamizar en mayor medida el sistema portuario español, logrando una mayor competitividad mejorando la eficiencia de las Autoridades Portuarias Españolas.

## 7.BIBLIOGRAFÍA

- Aigner, D. C. S., 1968. On estimating the industry of production function.. *The American Economic Review*, 58(4), pp. 826-839. .
- Aigner, D., Lovell, C. & Schmidt, P., 1997. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, Volumen 6.
- Baños-Pino, J., Coto-Millán, P. & Rodríguez-Álvarez, A., 1999. Allocative efficiency and over-capitalization: an applicatio. *International Journal of Transport Economic*, 26(2), pp. 181-199.
- Battese, G. & Coelli, T., 1988. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, Volumen 38, pp. 387-399.
- Battese, G. C. T., 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, Issue 20, pp. 325-332.
- Cachanosky, I., 2012. Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica y Eficiencia Dinámica. *Procesos de Mercado*, IX(2), pp. 51-80.
- Christensen, L., Jorgenson, D. & Lau, L., 1973. Transcendental logarithmic production frontier. *The Review of Economics and Statistic*, pp. 28-45.
- Coelli, T., 1995. Estimators and hypothesis tests for a stochasticfrontier function: a Monte Carlo Analsi. *Journal of Productivity Analysis*, Issue 6, pp. 247-268.
- Coto Millán, P., Baños Pino, J. & Rodríguez Álvarez, A., 2000. Economic efficiency in Spanish ports : some empirical evidence. *Maritime Policy & Management*, 27(2), pp. 169-174.
- de Reus, G., Campos, J. & Nombela, G., 2003. *Economía del Transporte*. Antoni Bosch, editor, S.A. ed. Barcelona: Antoni Bosch, editor.
- España, 7 de agosto del 2010. *Ley 33/2010, de 5 de agosto, de modificación de la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios en los puertos de interés general*. s.l.:Boletín Oficial del Estado.

Estado, P. d., 2015. *Anuario Estadístico del Sistema Portuario de Titularidad Estatal*, Madrid: Ministerio de Fomento.

Farrell, M., 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*(120), pp. 253-281.

González, M. & Trujillo, L., 2009. Efficiency measurement in the port industry: A survey of the empirical evidenc. *Journal of Transport Economics and Polic*, 43(2), pp. 157-192.

Instituto Nacional de Estadística, I., 2016. *INEbase, Nivel y condiciones de vida (IPC)*. [En línea]

Available at:

[http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176802&menu=resultados&idp=1254735976607](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176802&menu=resultados&idp=1254735976607)

Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E. & C. Cortes, y. L. B., 2002. A multioutput cost function for the services of Spanish ports infrastructure. *Transportation*, Issue 29, pp. 415-437.

Kim, M. & Sachis, A., 1986. The structure of production, technical change and productivity in a port. *Journal of Industrial Economics*, Issue 35(2), pp. 209-223.

Kumbhakar, S., 1990. Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency. *Journal of Econometrics*, Issue 46, pp. 210-211.

Martinez-Budría, E., 1996. Un estudio econométrico de los costes del sistema portuario español. *Revista Asturiana de Economía*, Issue 5, pp. 135-149.

Medal Bartual, A., 2011. Perspectivas sobre la eficiencia del Sistema Portuario Español. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Volumen 12, pp. 1-20.

Menéndez, A. M., 2013. Nueva Ley de Puertos ¿Y ahora qué?.

Núñez Sánchez, R., Coto-Millán, P. & Pesquera, M. Á., 2012. Cambio Tecnológico y Eficiencia Económica en la gestión de infraestructuras portuarias españolas. *La economía del transporte marítimo y los puertos*, Issue 131, pp. 228-239.

Núñez-Sánchez, R., Jara-Díaz, S. & Coto-Millán, P., 2011. Public regulation and passengers importance in port infrastructure cost. *Transportation Researc*, Issue 45, pp. 653-666.

Ortega Irizo, F. J. & Basulto Santos, J., 2009. Estimación Bayesiana en modelos de producción con frontera determinista. *Estudios de Economía Aplicada*, Volumen 27-2, pp. 1-22.

Romero, R., 2002. *El Transporte Marítimo*, Barcelona: Ed. Logis-Book.

Rúa Costa, C., 2006. *El Sistema Portuario Español*, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Wooldridge, J., 2010. *Introducción a la Econometría*. México D.F.: Cengage Learning Editores.