

# **Una función de costes multiproductiva para terminales portuarias. Algunas orientaciones para regular**

Beatriz Tovar

[btovar@daea.ulpgc.es](mailto:btovar@daea.ulpgc.es)

Departamento de Análisis Económico Aplicado  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Sergio Jara-Díaz

[jaradiaz@cec.uchile.cl](mailto:jaradiaz@cec.uchile.cl)

Departamento Ingeniería de Transporte  
Universidad de Chile

Lourdes Trujillo

[ltrujillo@daea.ulpgc.es](mailto:ltrujillo@daea.ulpgc.es)

Departamento de Análisis Económico Aplicado  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

## **Una función de costes multiproductiva para terminales portuarias. Algunas orientaciones para regular**

### **Resumen**

El objetivo central de este estudio es diseñar un enfoque adecuado para analizar la actividad económica desempeñada por las terminales portuarias polivalentes, aplicándolo al Puerto de Las Palmas en España. Se espera contribuir a la profundización en el conocimiento de esta actividad a través de la estimación de un modelo de costes que permita obtener parámetros económicos relevantes, como costes marginales por producto, economías de escala globales y específicas, y sobre todo economías de diversidad. Todos estos conceptos son fundamentales para orientar adecuadamente la política portuaria, ilustrar el funcionamiento del sector y proporcionar herramientas adecuadas a los reguladores de la actividad portuaria.

**Palabras clave:** multiproducción, economías de escala y diversidad, regulación, terminales portuarias y manipulación de mercancías.

### **Abstract**

Cargo handling in ports is a multioutput activity, as freight can arrive in many forms like containers, bulk, rolling stock, or non-containerised general cargo. In this paper the operation of ports terminals is analysed by means of the estimation of a multioutput cost model, using monthly data on three firms located at the Las Palmas port in Spain. That permitted the calculation of product specific marginal costs, economies of scale (general and by firm) and economies of scope, which are key tools to help the regulators in their task.

**Key words:** multiproduct, economies of scale and scope, regulation, port terminals and cargo handling.

JEL Classification system: L9

## **1. Introducción**

Un puerto se puede caracterizar como un conjunto de infraestructuras y equipos móviles que sirven para proveer servicios de distinta naturaleza y que, desde un punto de vista económico, presentan una gran heterogeneidad. Un mal funcionamiento de los puertos, como pieza clave del sistema de transporte, repercutiría directamente en variables económicas relevantes, como la competitividad de las exportaciones y los precios finales de las importaciones por citar sólo algunas, con el consiguiente efecto negativo sobre el desarrollo económico. Por esta razón, la preocupación de los gobiernos por crear las condiciones adecuadas de competencia o regulación que permitan un funcionamiento eficiente de los puertos está plenamente justificada.

En general, en todos los puertos existe un agente que actúa como coordinador de todas las actividades que se realizan en el puerto, que se llama comúnmente Autoridad Portuaria. Aunque es posible encontrar autoridades portuarias privadas, en la mayor parte de los países son instituciones públicas que, en términos generales, actúan como un regulador de todas las empresas que operan en el puerto.

La regulación de los puertos no es una tarea fácil, debido a la diversidad de actividades que tienen lugar en los recintos portuarios.<sup>1</sup> Dentro de estas actividades destaca por su especial relevancia la manipulación de mercancías, ya que los costes de este servicio constituyen generalmente más del 80% del total de costes que debe soportar un buque que carga o descarga mercancías en un puerto. A pesar de la importancia de esta actividad para la regulación del sector, se sabe poco empíricamente de las características económicas de ese servicio.

Para mejorar ese conocimiento, este trabajo presenta la estimación de una función de costes para el servicio de manipulación de mercancía general en terminales polivalentes. La estimación de esa función de costes permite obtener algunos de los conceptos fundamentales para el diseño de la regulación del sector, entre otros, los costes marginales y la economías de escala y diversidad.

El trabajo se estructura como sigue. En la sección 2 se describen algunos aspectos de la organización y regulación del sector portuario en general y del servicio de manipulación de

mercancías en particular que permite concluir que la actividad a analizar es una actividad multiproductiva. En el punto 3 se presentan los principales conceptos de coste que utiliza la teoría de la multiproducción para caracterizar una actividad económica que serán utilizados en la aplicación empírica de esta trabajo. En la sección 4 se sintetizan los trabajos previos que han estimado funciones de producción o de costes en el sector portuario, para continuar en las secciones 5 y 6 presentando tanto la información con la que se ha construido la base de datos, como los resultados obtenidos en las estimaciones realizadas. Por último, en la sección 7 se presentan las conclusiones obtenidas.

## **2. Producción y regulación en el sector portuario**

Los puertos han estado tradicionalmente sometidos a alguna forma de control gubernamental, si bien su régimen legal y su grado de dependencia y control varían según los países. Aunque no existe un patrón uniforme para la organización portuaria, el modelo que se impone a nivel mundial es el *landlord*, donde el sector público proporciona la infraestructura portuaria en un sentido estricto (faros, muelles, zonas de carga y descarga, etc.) y las empresas privadas el resto del inmovilizado necesario para prestar los servicios portuarios (equipos móviles, oficinas, maquinaria, etc.).

Entre estos servicios, prestados generalmente por empresas privadas, está el servicio de manipulación de mercancías, que comprende todas las operaciones desde que la mercancía es depositada en el puerto hasta su colocación en el barco y viceversa. La fórmula más extendida para introducir participación privada en el servicio de manipulación de mercancías en terminales portuarias es la concesión. En general, la experiencia internacional ha revelado que la sustitución de propiedad pública por propiedad privada en determinados servicios portuarios ha generado incrementos notables de productividad y reducciones en los tiempos de espera de los barcos, con la consiguiente mejora de la eficiencia de dichos servicios (*Estache, González y Trujillo, 2002*).

Desde hace algunas décadas y con ritmo creciente se han desarrollado nuevas tecnologías de manipulación de la mercancía y diseño de los barcos que permiten maximizar la mecanización,

---

<sup>1</sup> Para un resumen reciente, ver *Trujillo y Nombela (2000)*.

reducir los requerimientos de trabajo y, por tanto, mejorar la productividad del barco al recortar drásticamente el tiempo de estancia del mismo en el puerto. Esta nueva tecnología puede ser descrita como “unificación”. La unificación de la mercancía supone el empaquetamiento de varios artículos de carga de tamaño pequeño en una unidad estándar que pueda ser manejada por máquinas específicamente diseñadas. Entre los principales métodos están: los *pallets*, contenedores, camiones *roll-on/roll-off* y *trailers*. La unificación induce a la especialización de los buques, puertos y terminales, y ha puesto de relieve que en la manipulación de la mercancía es más importante el tipo de embalaje en el que se presenta la mercancía que la naturaleza de la mercancía en si misma.

Una terminal polivalente atiende a buques que transportan tráficos heterogéneos pero que presentan características genéricas idénticas. Debido a la tendencia observada a nivel mundial de contenerización de la mercancía general, muchas terminales polivalentes terminarán convirtiéndose en terminales especializadas en contenedores.

El tipo de operativa de manipulación que experimenta la mercancía general es diferente en función de que ésta se presente como carga fraccionada o como carga unificada, y dentro de éste último grupo si se presenta en contenedores o si se trata de carga rodada, es decir, que entra y sale transversalmente del barco. Las diferencias en el proceso de manipulación originan que los costes en los que se incurre sean distintos en cada caso, lo que justifica su tratamiento como productos separados, y pone de relieve la naturaleza multiproductiva de la actividad que se va a estudiar.

### **3. Conceptos de coste en multiproducción<sup>2</sup>**

En gran parte de las discusiones sobre regulación económica el concepto central suele ser el de coste, por lo que este artículo se concentra en él. En concreto, la estimación de una función de coste multiproductiva genera conceptos claves para el regulador como son los costes marginales por empresas o producto, que permiten pronunciarse sobre las tarifas máximas a aplicar, si fuera

---

<sup>2</sup> Este epígrafe se basa en el trabajo seminal de *Baumol et al (1982)*.

este el sistema de regulación empleado. También, es posible calcular economías de escala globales y específicas que son útiles para valorar si la tarificación al coste marginal es viable y facilitan la construcción de un sistema de precios óptimo. Por otro lado, el cálculo de las economías de diversidad señala la conveniencia o no de especializar la empresa. En el caso de las terminales portuarias polivalentes, esta información permite orientar adecuadamente la planificación portuaria, ya que la decisión de que las terminales portuarias sean específicas de contenedores o por el contrario deban diversificarse es ahora objetivable.

A diferencia de las empresas monoproductivas cuya estructura de coste-producción puede ser descrita con relativamente pocos conceptos interrelacionados, el análisis de los costes de las empresas multiproductivas requiere la descripción de varios conceptos nuevos. Esto condujo al desarrollo de una teoría que, como era de esperar, resultó ser un cuerpo teórico que incluía la monoproducción como un caso particular.

La determinación empírica de todos los conceptos de coste definidos para una industria concreta puede obtenerse mediante la estimación econométrica de la correspondiente función de costes  $C(W, Y)$ , cuyos argumentos, supuestos todos los factores variables, son el vector de productos  $Y$  y el vector de precios de los factores productivos,  $W$ . En la mayoría de las expresiones que se presentan a continuación se elimina este último por simplificar la notación matemática.

Así, se puede obtener el coste marginal del producto  $i$ , como derivada de la función de costes con respecto a dicho producto.

$$\frac{\partial C}{\partial y_i} = Cm_i \quad (1)$$

Por su parte, el grado de economías escala globales es una propiedad técnica del proceso productivo que se define en la función de transformación o de producción. Sin embargo, las relaciones de dualidad permiten calcular el grado de economías de escala directamente a través de la función de costes (*Panzar y Willig, 1977*) como:

$$S = \frac{C(W, Y)}{Y \nabla_y C(W, Y)} \quad (2)$$

El grado de economías de escala globales representa la máxima tasa de crecimiento que puede alcanzar el vector de productos cuando se incrementa el vector de factores productivos en una determinada proporción. Por tanto, la presencia de rendimientos crecientes a escala ( $S > 1$ ) significa que un incremento de los factores productivos, en una determinada proporción  $\lambda$ , hace posible un incremento del conjunto de productos en una proporción mayor que  $\lambda$ , indicando que la expansión de la producción presenta ventajas desde el punto de vista de los costes.

Otra forma en la cual pueden cambiar las operaciones de la empresa es a través de la variación en la producción de un bien, manteniendo las cantidades del resto de los productos constantes. Para estudiar el coste de tal variación en la producción es útil definir el coste incremental del producto  $i$ . El coste incremental del producto  $i$  es el coste de añadir el producto  $i$ -ésimo al vector de productos que produce la empresa y viene dado por:

$$CI_i = C(y_1, y_2, \dots, y_n) - C(y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, 0, y_{i+1}, \dots, y_n) \quad (3)$$

Aunque el coste medio no está definido en multiproducción por ser  $Y$  un vector<sup>3</sup>, el coste incremental medio sí lo está y es igual a:

$$CIME_i = \frac{CI_i(Y)}{y_i} \quad (4)$$

Las definiciones del coste incremental y coste incremental medio ayudan a identificar los rendimientos a escala que son específicos a un producto particular  $y_i$ :

$$S_i(Y) = \frac{CI_i(Y)}{y_i \frac{\partial C(Y)}{\partial y_i}} = \frac{CIME_i(Y)}{\frac{\partial C(Y)}{\partial y_i}} = \frac{CIME_i(Y)}{C_i(Y)} \quad (5)$$

donde  $C_i(Y)$  es el coste marginal del producto  $i$ . Así, las economías de escala específicas a un producto  $y_i$  son el cociente entre el coste incremental medio y el coste marginal del producto, y son crecientes, constantes o decrecientes si  $S_i(Y)$  es mayor, igual o menor a uno, respectivamente.

---

<sup>3</sup> Es posible en este caso definir un *coste radial medio*  $C/\lambda$  referido a la expansión proporcional del producto a partir

La definición de coste incremental puede extenderse a un subconjunto de productos  $R$  y es útil porque permite identificar los rendimientos a escala que son específicos a un subconjunto de productos particular. De este modo, definimos el grado de economías de escala específicas al subconjunto  $R$  como:

$$S_R(Y) = \frac{CI_R(Y)}{\sum_{j \in R} y_j \frac{\partial C(Y)}{\partial y_i}} = \frac{CI_r(Y)}{\sum_{j \in R} y_i C_i(Y)} \quad (6)$$

de modo que las economías de escala específicas al subconjunto de productos  $R$  serán crecientes, constantes o decrecientes cuando  $S_R(Y)$  sea mayor, igual o menor a uno, respectivamente. De este modo, si  $S_R > 1$  la tarificación al coste marginal no cubriría los costes incrementales. Puede observarse que la ecuación (2) es un caso particular de la ecuación (6) cuando  $R$  es igual a  $M$ .

La complementariedad de costes entre dos productos puede analizarse atendiendo a la siguiente expresión, que cuando toma valores menores o iguales a cero indica que existe débil complementariedad de costes:

$$C_{ij}(Y') = \frac{\partial^2 C(Y')}{\partial y_i \partial y_j} \leq 0, \quad i \neq j, \quad \forall 0 \leq Y' \leq Y \quad (7)$$

Por otra parte, la expansión del vector de productos puede significar la introducción de nuevos productos en la línea de producción por lo que surge un concepto relacionado con la diversificación de la producción. Esta última posibilidad da lugar a un concepto propio de la multiproducción que son las economías de diversidad.

El concepto de economías de diversidad es útil para analizar la conveniencia o no de que la empresa se especialice o se diversifique. Así, las economías de diversidad miden el incremento relativo en los costes que resultaría de una división de la producción de  $Y$  en dos líneas de productos  $T$  y  $N-T$ . Formalmente, si se realiza una partición ortogonal del vector de productos  $M$  en dos subconjuntos  $T$  y  $N-T$ , el grado de economías de diversidad,  $ED_T$  del subconjunto de productos  $T$  con respecto a su complementario  $N-T$  viene dado por la expresión:

---

de una cesta de productos  $Y^0$ .



$$ED_T(Y) = \frac{1}{C(Y)} [C(Y_T) + C(Y_{N-T}) - C(Y)] \quad (8)$$

de modo que tal fragmentación de la producción incrementa, disminuye o no altera el coste total cuando  $ED_T(Y)$  es mayor, menor o igual a cero, respectivamente. Es decir, si  $ED_T(Y) > 0$ , existen economías de diversidad y, por tanto, es más barato producir conjuntamente el vector de productos  $Y$  que producir los vectores de productos  $Y_T$  y  $Y_{N-T}$  por separado. Dicho de otro modo, no conviene especializar, sino diversificar la producción. Es sencillo comprobar que  $ED$  debe estar en el intervalo  $(-1, 1)$ .

Por último, hay una relación entre los grados de economías de escala y diversidad representada por la ecuación:

$$S_N(Y) = \frac{\alpha_T S_T(Y) + (1 - \alpha_T) S_{N-T}(Y)}{1 - ED_T(Y)} \quad (9)$$

donde

$$\alpha_T = \frac{\sum_{j \in T} y_j \frac{\partial C(Y)}{\partial y_j}}{\sum_{j \in N} y_j \frac{\partial C(Y)}{\partial y_j}} \quad (10)$$

Esta relación muestra que, en ausencia de economías de diversidad ( $ED=0$ ),  $S$  sería un promedio ponderado de las economías de escala específicas a cada subconjunto. Sin embargo, la existencia de economías de diversidad ( $ED>0$ ) favorece la existencia de economías de escala.

#### 4. Literatura empírica

En un análisis sistemático y pormenorizado de los trabajos empíricos de estimación econométrica de funciones de producción y de costes en el sector portuario, lo primero que llama la atención es la escasez de trabajos, sobre todo en la actividad de manipulación de mercancías, derivada probablemente de la dificultad de obtener los datos necesarios para su realización. En el cuadro 1 se resumen los trabajos de estimación de funciones de producción y costes en un contexto monoproduktivo en el sector portuario.

Por lo que respecta a los tres trabajos que estiman una función de producción, todas son monoproduktivas y tienen en común, la forma funcional utilizada, la Cobb-Douglas, y la medición de las economías de escala. Además, dos de los tres trabajos (*Reker et al., 1990* y *Tongzon, 1993*) miden la misma actividad, en el mismo puerto y durante el mismo periodo temporal, aunque con una definición de las variables algo diferente, lo que permite una comparación de los resultados obtenidos en la estimación de las economías de escala, algo decepcionante si se tiene en cuenta que son contradictorios.

Por lo que se refiere a la estimación de funciones de costes monoproduktivas, los resultados son más relevantes. En los dos trabajos que aparecen en el cuadro 1, se observa un reconocimiento explícito del carácter multiproduktivo de la actividad a modelar. En el de *Kim y Sachis (1986)* se estima una función de costes monoproduktiva debido a que cuentan con un número limitado de observaciones. Del de *Martinez Budría (1996)* existen versiones más recientes (*Jara Díaz et al., 1997* y *Jara Díaz et al., 2002*) en donde se estima una función de costes multiproduktiva. Por otra parte, y aunque la actividad analizada en los dos trabajos no es la misma los dos llegan a la conclusión de que existen economías de escala crecientes en el punto de aproximación.

Los trabajos que estiman funciones de costes en un contexto multiproduktivo, que se resumen en el cuadro 2, también son escasos. Sólo tres, dos de los cuales son una versión ampliada uno de otro (*Jara Díaz et al., 1997* y *Jara Díaz et al., 2002*) y al igual que ocurría en el caso monoproduktivo las actividades analizadas difieren pero en todos las economías de escala estimadas en el punto de aproximación son crecientes.

Quizá la comparación que proporciona conclusiones más interesantes sea la de los trabajos de *Martinez Budría (1996)* y *Jara-Díaz et al., (1997, 2002)* pues sólo difieren en el enfoque, monoproduktivo del primero y multiproduktivo de los segundos, y la forma funcional utilizada, Cobb-Douglas y cuadrática respectivamente. En ambos trabajos se llega a la conclusión de que existen rendimientos a escala crecientes en la provisión de servicios de infraestructura en los puertos españoles de interés general, si bien la cifra obtenida en la versión monoproduktiva fue más abultada. Los propios autores señalan que es debido a la existencia de economías de diversidad, que son verificadas en la versión multiproduktiva del trabajo pero que no pueden ser

**Cuadro 1. Estimación de funciones de producción y costes monoproductivas**

<b>Autor</b>	<b>Actividad</b>	<b>Especificación Funcional</b>	<b>Economías de Escala</b>	<b>Otras Mediciones</b>
<b>Funciones de producción</b>				
Chang (1978)	¿Uso de Infraestruct.?	Cobb-Douglas	Constantes	Productividades medias Productividades marginales
Reker et al. (1990)	Manipulación Contenedores	Cobb-Douglas	Decrecientes	Ninguna
Tongzon (1993)	Manipulación Contenedores	Cobb-Douglas	Crecientes	Eficiencia por muelle
<b>Funciones de costes</b>				
Kin y Sachis (1986)	Uso de Infraestructura y resto servicios	Translogarítmica	Crecientes en el punto de aproximación	Escala mínima eficiente Elasticidad de la demanda del factor con respecto a su precio Elasticidades cruzadas
Martínez Budría (1996)	Uso de Infraestructura	Cobb-Douglas	Fuertemente crecientes en el punto de aproximación	Elasticidad coste de los factores Efectos individuales específicos de cada puerto Análisis de segunda etapa

**Cuadro 2. Estimación de funciones de coste multiproductivas**

<b>Autor</b>	<b>Actividad</b>	<b>Especificación Funcional</b>	<b>Economías de Escala</b>	<b>Otras Mediciones</b>
Jara Díaz et al. (1997,2002)	Uso de Infraestructura	Cuadrática	Moderadamente crecientes en el punto de aproximación	Costes marginales del producto i Economías de diversidad
Martínez Budría et al. (1998)	Actividad de las Sociedades Estatales de Estiba y Desestiba (SEED)	Translogaritmica	Crecientes en el punto de aproximación	Costes marginales del producto i Elasticidades costes-producto Productividad total de los factores para una submuestra de 14 SEED

reveladas a partir de una descripción agregada del producto, lo que pone de manifiesto que no es irrelevante ignorar el carácter multiproductivo de la actividad. Con este análisis se pone de manifiesto que no existe ningún trabajo donde se analice el carácter multiproductivo de los costes en la actividad de manipulación de mercancías.

## **5. La modelización para un estudio empírico del Puerto de La Luz y de Las Palmas <sup>4</sup>**

Para realizar la aplicación empírica se ha elegido el Puerto de la Luz y de Las Palmas, situado en las Islas Canarias. Concretamente se intenta estimar una función de costes con datos de las tres terminales de contenedores que operan dentro del recinto portuario. Aunque estas terminales reciben la denominación de terminales de contenedores, no lo son en el sentido estricto del término, dado que en sus instalaciones se pueden manipular otro tipo de mercancías, como carga rodada y mercancía general fraccionada, por lo que al margen de su denominación se considera que en puridad son terminales polivalentes.

### **El modelo**

En general, en la metodología empleada para estimar una función de costes se supone un comportamiento optimizador de las empresas consistente en elegir, en cada caso, la combinación de factores productivos óptima para producir el vector de productos, toda vez que los precios de dichos factores se consideran exógenos a la empresa.

En el análisis de los costes es útil distinguir entre el corto y el largo plazo. La diferencia entre ambos reside en la posibilidad o no de ajustar todos los factores productivos. Así, en el largo plazo todos los factores productivos son ajustables por lo que el modelo a estimar intenta explicar el gasto económico total usando como variables explicativas los niveles de producción de cada uno de los productos, y los precios de los factores productivos empleados en la producción. En una función de coste a corto plazo se supone que hay factores fijos no ajustables, por lo que el

---

<sup>4</sup> En el sistema portuario español la autoridad pública determina las condiciones en las que la iniciativa privada se desenvuelve fijando precios, número y tipo de terminales, condiciones de explotación, duración y características de las concesiones, etc. Para determinar esas condiciones, según la legislación vigente, las autoridades portuarias deben basarse en criterios de eficacia, economía, productividad y seguridad, lo cual requiere tener un conocimiento exhaustivo de los costes de este servicio.

modelo a estimar trata de explicar el gasto económico utilizando, además de los vectores de productos y precios de los factores productivos variables, la cuantía de factores fijos utilizados.

### Los datos

La base de datos con la que se cuenta para efectuar el trabajo empírico es un pool asimétrico de datos mensuales que recoge información sobre producción, factores productivos y gasto de las tres terminales que existen en el Puerto de La Luz y de Las Palmas a las que se denominará T.1, T.2, T.3. En concreto de 1992 a 1997 para T.1, de 1991 a 1999 para T.2, y de 1992 a 1998 para T.3.

**La producción** de las tres terminales se puede agregar en tres productos: mercancía general fraccionada, en adelante mercancía general, que representa en media el 9,9% de las toneladas mensuales movidas, y mercancía general unificada: contenedores y rodantes, que representan, en media para toda la muestra, el 87,4% y el 2,7% de las toneladas mensuales movidas. En el cuadro 3 se presenta los valores mensuales medios para la muestra en su conjunto y cada una de las tres terminales, tanto de los tres productos definidos como del gasto total incurrido para la prestación del servicio. También se incluye una medida agregada de la producción, que se ha calculado sumando las toneladas mensuales manipuladas de los tres productos.

**Cuadro 3. Gasto Total (millones de pesetas de diciembre de 1999) y producción mensual media (miles de toneladas) de las terminales durante el período**

Variable		Muestra	Terminales		
			T.1	T.2	T.3
<b>Gasto total mensual</b>	<b>Media</b>	94,8	73,6	81,9	129,4
<b>Contenedores</b>	<b>Media</b>	59,2	53,1	33,5	97,4
	<b>máx.-mín.</b>	310-15	74-32	62-15	310-49
<b>Mercancía General</b>	<b>Media</b>	5,6	0,6	9,9	4,4
	<b>máx.-mín.</b>	29-0	3-0	29-0	14-0
<b>Rodantes</b>	<b>Media</b>	2,1	1,0	0,8	4,7
	<b>máx.-mín.</b>	11-0	3-0	4-0	11-0
<b>Producción Agregada</b>	<b>Media</b>	66,8	54,7	44,1	106,5
	<b>máx.-mín.</b>	325-15	78-32	77-15	325-58

El análisis de la información contenida en el cuadro 3, permite una primera aproximación al

tamaño de las empresas. Así, atendiendo a la medida agregada del producto la empresa de mayor tamaño es T.3 seguida de T.1 y, por último, de T.2. Se trata de un movimiento en media para toda la muestra de aproximadamente 67.000 toneladas mensuales.

Es interesante observar los valores máximos y mínimos, pues señalan una importante variabilidad durante el periodo estudiado. De hecho, los máximos señalan que las cifras mensuales han llegado a ser cinco veces la media. Por otra parte, la presencia de ceros en los mínimos es relevante puesto que los cálculos de economías de diversidad requieren llevar los productos a esos valores.

Por otra parte, cuando la variable utilizada como indicador del tamaño es el gasto mensual total de producción (en media), si bien T.3 sigue manteniendo el primer lugar, las otras dos empresas, T.1 y T.2 intercambian sus posiciones. La razón de este cambio de posiciones entre las terminales T.1 y T.2 hay que buscarla en la combinación de productos producida por cada terminal. Efectivamente, la mercancía general supone un peso mayor para T.2 que para las otras dos (19,9% frente al 0,9% de T.1 y 4,7% de T.3). Esto ya indicaría que es más caro mover mercancía general que los otros dos productos lo que sugiere que el coste marginal de la mercancía general será mayor.

Por último, en una primera aproximación es interesante mirar los datos como si de un proceso monoproduktivo se tratase. Para ello, y utilizando la medida agregada de la producción se ha calculado un “pseudocostemedio” de la actividad. La representación gráfica genera una nube de puntos que tiene forma de curva de costes medios, como era de esperar, lo que sugiere que los datos obtenidos son sensatos.

La variable a explicar es el gasto total mensual de producción de las terminales, que se obtiene por agregación del gasto en todos los factores productivos definidos a continuación.

**Los factores productivos** utilizados en la producción de los tres productos definidos se han agrupado en cuatro categorías: Personal, superficie total, capital y consumos intermedios. Dentro

del personal empleado por las terminales portuarias (que también son estibadoras) se distinguen dos categorías de trabajadores. Los trabajadores no portuarios, que son aquellos que desempeñan el resto de funciones distintas de la manipulación de la mercancía: administrativos, directivos, personal de control, mantenimiento, etc.; y los trabajadores portuarios, que son los encargados de la manipulación de la mercancía. A su vez, dentro de los trabajadores portuarios se distinguen dos tipos: trabajadores en Relación Laboral Común (RLC) y en Relación Laboral Especial (RLE). Los primeros, RLC, son trabajadores que pertenecen a la plantilla de la empresa, y por tanto sólo prestan servicios en ella. Si la relación laboral con la empresa llegará a extinguirse el trabajador volvería a ser un trabajador en RLE, que son aquellos trabajadores portuarios que no pertenecen a la plantilla de una estibadora concreta por lo que están disponibles para ser contratados de manera eventual por cualquiera de ellas en turnos de seis horas y que son gestionados por la Sociedad Estatal de Estiba y Desestiba. La posibilidad de contratar trabajadores portuarios por operativa proporciona un importante grado de flexibilidad a las estibadoras.

La información disponible de la cantidad de trabajo utilizada está expresada en número de hombres mes para los trabajadores no portuarios, y en número de turnos mes para los trabajadores portuarios. Un turno es una jornada de 6 horas de trabajo. El precio de cada tipo de trabajo se calcula como el cociente entre el coste de ese tipo de trabajo y el número de personas en el caso del personal no portuario, o el número de horas trabajadas en el caso del personal portuario, calculadas estas últimas considerando 6 horas por turno de trabajo.

Por lo que se refiere a la superficie, las terminales analizadas disponen de una cantidad otorgada en concesión que puede verse incrementada alquilando, previa solicitud, superficie adicional a la autoridad portuaria con carácter temporal, lo que introduce la posibilidad de adaptar un factor que parecería fijo en principio. La suma de ambos tipos de superficie es lo que llamamos superficie total y la cantidad utilizada se mide en metros cuadrados mensuales. El precio de la superficie total se obtuvo como cociente entre el gasto en superficie y los metros cuadrados de superficie total.

Bajo la denominación de capital se agrupan todos los elementos del activo material de la empresa: edificios, maquinaria, etc. El gasto mensual se obtuvo como la suma de la amortización



contable del período más un rendimiento sobre el capital vivo del período y las acciones de la Sociedad Estatal. Este rendimiento recoge la remuneración del capital libre de riesgo que se aproxima por el tipo de interés bancario, más una prima por riesgo. Se ha considerado que, para el periodo en estudio, el rendimiento incluyendo ambos conceptos es del 8% anual. El precio del capital se obtiene como cociente entre el coste de capital y el capital vivo del periodo (inmovilizado material neto en explotación en el periodo t).

Por último, el resto de los factores productivos que utiliza la empresa y que no han sido incluidos en ninguna de las tres categorías anteriores, como por ejemplo, material de oficina, agua, electricidad, etc. se han denominado consumo intermedio. El gasto mensual se obtuvo por agregación del resto de gastos corrientes distintos de la amortización, de los gastos de personal y del pago por superficie, después de haber efectuado las correcciones oportunas a partir de la información detallada de las empresas, de modo que el gasto mensual obtenido fuese fiel reflejo del consumo por mes y no de la fecha en que se registra el gasto en la contabilidad. Como indicador del precio de los consumos intermedios se ha utilizado el precio de la electricidad, considerada un factor representativo del mencionado agregado.

El factor productivo más importante en función de su peso en el gasto total es el personal, que supone en media para toda la muestra un 53% del gasto total mensual. La superficie total supone un 13% del gasto total en la media muestral, el capital un 8% y el consumo intermedio el 26% restante.

Dentro del personal, los no portuarios suponen el 21% de los gastos en personal y los portuarios, representan en media para toda la muestra, el 79% restante. Dentro de este último grupo, el peso de los trabajadores en RLC y RLE es en media para toda la muestra de 36% y 43% respectivamente. Las cifras por empresa muestran patrones similares.

Como la base de datos con la que se cuenta para realizar la estimación está formada por observaciones mensuales, en un primer momento parece sensato elegir un modelo de corto plazo, debido a que no parece sencillo que todos los factores productivos se ajusten mes a mes. Si algún factor productivo no se ajusta en lugar del precio del factor se considera la cantidad utilizada del

mismo.

Los factores candidatos a ser considerados como fijos son, en principio, personal no portuario, la superficie total y el equipo<sup>5</sup> (indicador de la maquinaria y el equipo móvil de que dispone la terminal). Por otra parte, la posibilidad que las terminales tienen de arrendar superficie adicional y maquinaria y de contratar personal portuario en relación laboral especial sugiere cierta adaptabilidad en el corto plazo.

Se analizó la matriz de correlaciones para determinar el tipo de modelo a estimar: de corto o largo plazo. Los coeficientes de correlación entre la producción y los factores candidatos a fijos, indican que el personal no portuario, el equipo y la superficie total no son tan “fijos” como podría suponerse a priori. Del análisis efectuado se concluye que las terminales están ajustando en cierta medida estos factores con la producción y que debe estimarse un modelo de largo plazo. Aún así, y con el propósito de contrastar la bondad del modelo de largo plazo, se realizará una estimación de corto plazo, donde se utiliza un único factor fijo la superficie total<sup>6</sup>, por ser de entre los candidatos considerados la que parece presentar un comportamiento más discreto, siendo el resto de los factores tratados como variables.

## **6. Estimación de los modelos y resultados**

En ambos modelos, se estima un sistema de ecuaciones formado por la función de coste total y las ecuaciones de gasto en factores obtenidas por la aplicación del Lema de Shephard.

En la estimación de funciones de costes es preferible usar formas funcionales flexibles. Las más populares son la translogarítmica y la cuadrática. La elección entre ambas es algo que depende del objetivo del trabajo. Una de las ventajas de la función cuadrática es que es apta para el

---

<sup>5</sup> A diferencia de la superficie y el personal no portuario, que se miden en unidades homogéneas, m<sup>2</sup> y hombres/mes respectivamente, y por lo tanto no presentan problemas de agregación, la variable equipo incluye maquinaria tan diferente como pueden ser una grúa postpanamax, una carretilla elevadora, o un chasis. Al objeto de poder agregarlas se pensó en dos posibles indicadores, la potencia y el valor de compra. El primero no se consideró adecuado porque ponderaba de igual modo maquinarias muy diferentes como por ejemplo una grúa y una carretilla elevadora debido a que tienen potencias de elevación similares, por lo que finalmente se optó por el valor de compra de los equipos.

<sup>6</sup> En el modelo de corto plazo, dado que este factor se considera fijo, se utiliza como variable explicativa la cantidad

análisis de las economías de diversidad y de los costes incrementales, al tiempo que permite estimar los costes marginales. Por todo ello es la forma funcional escogida. Para el modelo de largo plazo, la especificación econométrica de la función de coste total a largo plazo es la expresión (9), donde se han incluido *dummies* de empresa que permiten capturar efectos específicos, y una tendencia temporal, lineal, cuadrada y cruzada con todas las variables, que recoge el posible cambio técnico.

$$\begin{aligned}
CT = & A_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i (y_i - \bar{y}_i) + \sum_{i=1}^n \beta_i (p_i - \bar{p}_i) + \phi (T - \bar{T}) \\
& + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (p_i - \bar{p}_i)(p_j - \bar{p}_j) \\
& + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{i=1}^m \lambda_i (y_i - \bar{y}_i)(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^n \mu_i (p_i - \bar{p}_i)(T - \bar{T}) \\
& + \pi (T - \bar{T})(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^N \vartheta_i D_i
\end{aligned} \tag{9}$$

donde:  $y_i$  = Cantidad de producto  $i$ ,  $p_i$  = Precio del factor productivo  $i$ ,  $m$  = Número de productos,  $n$  = Número de factores productivos,  $T$  = Tendencia temporal,  $D_i$  = *Dummy* de empresa,  $N$  = Número de empresas. Todas las variables señaladas con una barra horizontal reflejan el valor en la media de toda la muestra.

Las correspondientes ecuaciones de gasto en factores productivos variables responden a la siguiente ecuación:

$$G_i = p_i \cdot x_i = p_i \cdot \left[ \beta_i + 2\gamma_{ii}(p_i - \bar{p}_i) + \sum_{j \neq i} \gamma_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \mu_i(T - \bar{T}) \right] \tag{10}$$

donde:  $G_i$  = Gasto en el factor  $i$ ,  $p_i$  = Precio del factor productivo variable  $i$ ,  $x_i$  = Demanda derivada por el factor  $i$ , con  $i$  = Trabajo no portuario, trabajo portuario en relación laboral común, trabajo portuario en relación laboral especial, consumos intermedios, superficie y capital;  $m$  = Número de productos,  $n$  = Número de factores productivos,  $T$  = Tendencia temporal.

El correspondiente modelo de corto plazo responde a su vez a la siguiente expresión:

---

utilizada del factor, es decir, los metros cuadrados mensuales totales.

$$\begin{aligned}
CT = & A_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i (y_i - \bar{y}_i) + \sum_{i=1}^n \beta_i (p_i - \bar{p}_i) + \eta(stot - \overline{stot}) + \phi(T - \bar{T}) \\
& + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (p_i - \bar{p}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \frac{1}{2} \sigma (stot - \overline{stot})(stot - \overline{stot}) \\
& + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{i=1}^m \tau_i (y_i - \bar{y}_i)(stot - \overline{stot}) + \sum_{i=1}^n \iota_i (p_i - \bar{p}_i)(stot - \overline{stot}) \\
& + \sum_{i=1}^m \lambda_i (y_i - \bar{y}_i)(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^n \mu_i (p_i - \bar{p}_i)(T - \bar{T}) + \kappa (stot - \overline{stot})(T - \bar{T}) \\
& + \pi (T - \bar{T})(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^N \vartheta_i D_i
\end{aligned} \tag{11}$$

donde:  $stot$  = Cantidad utilizada del factor fijo: superficie total.

La única diferencia con la ecuación de coste total a largo plazo es la aparición de los términos lineales, cuadráticos y cruzados que implican al único factor fijo considerado, la superficie total, que como puede observarse también va a afectar a las correspondientes ecuaciones de gasto en factores variables.

$$G_i = p_i \cdot x_i = p_i \cdot \left[ \beta_i + 2\gamma_{ii}(p_i - \bar{p}_i) + \sum_{j \neq i}^m \gamma_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + \iota_i (stot - \overline{stot}) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \mu_i (T - \bar{T}) \right] \tag{12}$$

La estimación simultanea del sistema de ecuaciones formado por la ecuación de coste total y las correspondientes ecuaciones de gasto, se realiza por el método de estimación de sistemas de ecuaciones aparentemente no relacionadas SUR (seemingly unrelated regresión). Este es un método recursivo que consiste en la aplicación de la estimación de mínimos cuadrados generalizados a un grupo de ecuaciones aparentemente no relacionadas, pero que en realidad lo están a través de la existencia de covarianzas no nulas entre los términos de error de las diferentes ecuaciones en un momento del tiempo. Este método es un procedimiento de estimación en dos etapas consistente y asintóticamente eficiente. Además, admite la especificación de parámetros comunes entre ecuaciones.

Ambos modelos se estiman en desviaciones a la media de la muestra, tanto para evitar problemas de multicolinealidad como para facilitar la interpretación de los parámetros. Las estimaciones arrojaron resultados muy similares que, por lo que se refiere a los parámetros de primer orden se resumen en el cuadro 4. En cuanto al signo y significatividad de los parámetros estimados el

cuadro anterior pone de manifiesto el buen comportamiento de ambos modelos. Todos los coeficientes de primer orden presentan el signo esperado. Además, todos son estadísticamente significativos salvo la tendencia del modelo de corto plazo que no lo es por muy poco. Aunque se confirmó la significación conjunta de todos los parámetros de primer orden del modelo de corto plazo a través de la realización del Test de Wald.

### Los costes marginales

Los costes marginales estimados por ambos modelos en la media de las observaciones para contenedores (C2), mercancía general (C3) y rodantes (C4) son similares y se encuentran en el orden y magnitudes esperados (en torno a 700, 2000 y 1000 pesetas/tonelada respectivamente) tal y como se muestra en el cuadro 4. Efectivamente, era de esperar que en el orden de menor a mayor coste marginal el primer lugar fuera para el contenedor, seguido de cerca por el rodante y por último, a mayor distancia, de la mercancía general. La razón fundamental para que se produzca este resultado es la diferencia en los rendimientos alcanzados en la manipulación de los tres productos considerados.

**Cuadro 4. Gasto, costes marginales, demanda por factores y tendencia.**

Parámetro (unidades)	Modelo largo plazo		Modelo corto plazo	
	Estimación	Estadístico t	Estimación	Estadístico t
<b>Coste total en la media (miles de pesetas)-C1</b>	96680	140,02	97394	138,92
<b>Coste marginal Contenedores (pesetas/tonelada)-C2</b>	745	28,48	684	20,72
<b>Coste marginal Mercancía General (pesetas/tonelada) –C3</b>	1974	14,19	2056	14,96
<b>Coste marginal Rodantes (pesetas/tonelada)-C4</b>	1056	2,96	1139	3,051
<b>Demanda por personal laboral común (horas)- C5</b>	1,58	69,74	1,58	73,66
<b>Demanda por personal laboral especial (horas)- C6</b>	2,34	45,86	2,33	49,13
<b>Demanda por consumo intermedio (Kw hora)-C7</b>	983	87,30	981	88,27
<b>Demanda por superficie total (m<sup>2</sup>)-C8</b>	61593	106,85		
<b>Demanda por capital (miles de pesetas)-C9</b>	583266	40,61	589240	44,83
<b>Demanda por personal no portuario (hombres)-C10</b>	0,02	76,67	0,02	78,28
<b>Tendencia-C11</b>	-67	-1,96	-64	-1,89

Una forma de verificar la bondad de los resultados obtenidos para costes marginales es compararlos con alguna forma de precios observados, los que deberían ser superiores pero de magnitud comparable. Como en los puertos españoles existen tarifas máximas para los servicios

públicos de estiba/desestiba, carga/descarga y recepción/entrega, y que no se dispone de datos de precios por tipo de productos con los que poder comparar los costes marginales obtenidos se ha recurrido a las tarifas máximas existentes en el Puerto y que han estado en vigor durante el periodo en estudio. Estas tarifas están divididas en grupos en función del tipo de mercancía. Se comprueba en todos los casos que las estimaciones obtenidas están por debajo de las tarifas máximas mencionadas, lo cual es una señal de que los costes marginales obtenidos son razonables.

Como era de esperar, la similitud entre los resultados proporcionados por ambos modelos en cuanto a los costes marginales, demandas derivadas, gasto estimado y tendencia, confirman el equilibrio de largo plazo deducido a partir de los datos. Por tanto, el análisis se centra en extraer resultados y conclusiones del modelo de largo plazo.

Los resultados obtenidos en la estimación del modelo de largo plazo en su versión definitiva se presentan en el cuadro 5<sup>7</sup>. El sistema de ecuaciones correspondiente al modelo de largo plazo estimado está formado por la ecuación de costes totales a largo plazo y las seis ecuaciones de demanda derivada correspondientes a los factores productivos considerados: trabajo no portuario, trabajo portuario en relación laboral común, trabajo portuario en relación laboral especial, superficie total y capital.

**Cuadro 5. Resultados de la estimación del modelo de largo plazo.**

Parámetro	Variable (1)	Estimación	Error estándar	Estadístico t
<b>C1=A<sub>0</sub></b>	<b>CONS</b>	96680,2	690,475	140,02
<b>C2=α<sub>contt</sub></b>	<b>CONTT</b>	744,568	26,1409	28,4829
<b>C3=α<sub>mg</sub></b>	<b>MG</b>	1973,57	139,062	14,192
<b>C4=α<sub>rodt</sub></b>	<b>RODT</b>	1055,81	356,65	2,96036
<b>C5=β<sub>plc</sub></b>	<b>PLC</b>	1,57685	0,022611	69,7386
<b>C6=β<sub>ple</sub></b>	<b>PLE</b>	2,33895	0,051002	45,8603
<b>C7=β<sub>pi</sub></b>	<b>PI</b>	982,53	11,2547	87,2994
<b>C8=β<sub>pcanon</sub></b>	<b>PCANON</b>	61592,9	576,436	106,851
<b>C9=β<sub>pk</sub></b>	<b>PK</b>	583266	14363,4	40,6078
<b>C10=β<sub>pnpb</sub></b>	<b>PNPH</b>	0,021919	2,86E-04	76,6747
<b>C11=φ</b>	<b>T</b>	-67,0148	34,1904	-1,96005
<b>C12=δ<sub>cdos</sub></b>	<b>CDOS</b>	-0,068971	0,049706	-1,38758

<sup>7</sup>En el modelo definitivo se ha eliminado un único parámetro de segundo orden (cruce entre el personal en relación laboral especial y los rodantes) muy poco significativo y de signo contrario al esperado.

Parámetro	Variable (1)	Estimación	Error estándar	Estadístico t
C13= $\delta_{cdos}$	CMG	0,408093	0,557917	0,731457
C14= $\delta_{cdos}$	CR	4,57755	1,54726	2,95849
C15= $\rho_{cplc}$	CPLC	9,95E-03	7,10E-04	14,0028
C16= $\rho_{cple}$	CPLE	0,02	1,45E-03	13,7777
C17= $\rho_{cpi}$	CPI	5,818	0,511285	11,3792
C18= $\rho_{cpcanon}$	CPCANON	180,843	21,0889	8,57526
C19= $\rho_{cpk}$	CPK	7785,87	611,748	12,7272
C20= $\rho_{cpnph}$	CPNPH	2,62E-04	1,34E-05	19,6209
C21= $\lambda_{cte}$	CTE	0,120936	0,150679	0,802607
C22= $\delta_{mg2}$	MG2	-0,518286	1,40314	-0,369375
C23= $\delta_{mgr}$	MGR	1,15946	8,13486	0,14253
C24= $\rho_{mgplc}$	MGPLC	0,037099	4,60E-03	8,06544
C25= $\rho_{mgple}$	MGPLE	0,078918	0,01047	7,53744
C26= $\rho_{mgpi}$	MGPI	8,45203	2,50495	3,37413
C27= $\rho_{mgpcanon}$	MGPCANON	-109,421	120,741	-0,906247
C28= $\rho_{mgpk}$	MGPK	18048,7	2947,32	6,12378
C29= $\rho_{mgpnph}$	MGPNPH	4,48E-04	5,61E-05	8,00074
C30= $\lambda_{mgt}$	MGT	-0,469081	0,629254	-0,745456
C31= $\delta_{r2}$	R2	-40,9608	10,3971	-3,93965
C32= $\rho_{rplc}$	RPLC	0,037754	0,011358	3,32395
C34= $\rho_{rpi}$	RPI	20,5144	6,6753	3,07318
C35= $\rho_{rpcanon}$	RPCANON	-583,417	337,467	-1,72881
C36= $\rho_{rpk}$	RPK	-4811,55	7599,82	-0,633114
C37= $\rho_{rpnph}$	RPNPH	7,67E-04	1,66E-04	4,62008
C38= $\lambda_{rt}$	RT	-0,734985	1,88866	-0,389156
C39= $\gamma_{plc2}$	PLC2	-7,20E-06	1,36E-06	-5,27695
C40= $\gamma_{plcple}$	PLCPLE	-2,11E-05	7,46E-06	-2,83304
C41= $\gamma_{plcpi}$	PLCPI	9,25E-03	2,77E-03	3,33348
C42= $\gamma_{plcpcanon}$	PLCPCANON	-0,307449	0,164174	-1,8727
C43= $\gamma_{plcpk}$	PLCPK	6,33105	2,33813	2,70774
C44= $\gamma_{plcpnph}$	PLCPNPH	1,90E-07	6,48E-08	2,93544
C45= $\mu_{plet}$	PLCT	-0,015786	1,12E-03	-14,0831
C46= $\gamma_{ple2}$	PLE2	-2,33E-05	9,31E-06	-2,50139
C47= $\gamma_{plepi}$	PLEPI	0,028954	7,71E-03	3,75454
C48= $\gamma_{plepcanon}$	PLEPCANON	0,788301	0,477103	1,65227
C49= $\gamma_{plepk}$	PLEPK	-8,6808	5,87937	-1,47648
C50= $\gamma_{plepnph}$	PLEPNPH	1,69E-07	1,54E-07	1,09846
C51= $\mu_{plet}$	PLET	9,91E-03	2,68E-03	3,69417
C52= $\gamma_{pi2}$	PI2	-15,0668	2,44814	-6,15439
C53= $\gamma_{pipcanon}$	PIPCANON	901,258	299,174	3,01249
C54= $\gamma_{pipk}$	PIPK	2696,68	2585,63	1,04295
C55= $\gamma_{pipnph}$	PIPNPH	4,67E-05	9,37E-05	0,497954
C56= $\mu_{pit}$	PIT	1,24028	0,688917	1,80033
C57= $\gamma_{pcanon2}$	PCANON2	-10391,1	12917,9	-0,804397
C58= $\gamma_{pcanonpk}$	PCANONPK	-209552	157560	-1,32998

Parámetro	Variable (1)	Estimación	Error estándar	Estadístico t
C59= $\gamma_{pcanonpnph}$	PCANONPNPH	-0,045851	7,98E-03	-5,74755
C60= $\mu_{pcanont}$	PCANONT	196,049	39,8325	4,92183
C61= $\gamma_{pk2}$	PK2	-1,33E+06	1,36E+06	-0,977757
C62= $\gamma_{pkpnph}$	PKPNPH	0,231914	0,059244	3,91454
C63= $\mu_{pkt}$	PKT	125,511	696,051	0,180318
C64= $\gamma_{pnph2}$	PNPH2	-5,59E-09	1,41E-09	-3,97384
C65= $\mu_{pnph2}$	PNPHT	-9,87E-05	1,54E-05	-6,41019
C66= $\pi$	T2	0,142629	0,109505	1,30249
C67= $\theta_{T,1}$	T.1	-2460,71	220,639	-11,1526
C68= $\theta_{T,2}$	T.2	-2479,14	315,09	-7,86803

(1) Para una descripción más detallada de las variables véase anexo 1.

Dependent variable: Gasto Total	
Mean of dependent variable = 94783,3	Std. error of regression = 10802,5
Std. dev. of dependent var. = 34819,9	R-squared = 0,903733
Sum of squared residuals = 0,308070E+11	Durbin-Watson statistic = 0,991747
Variance of residuals = 0,116693E+09	Corrected R-squared = 0,870825

Dependent variable: Gasto Laboral Común	
Mean of dependent variable = 17964,1	Std. error of regression = 3989,9
Std. dev. of dependent var. = 8563,97	R-squared = 0,84924
Sum of squared residuals = 0,420269E+10	Durbin-Watson statistic = 0,667191
Variance of residuals = 0,159193E+08	Corrected R-squared = 0,842659

Dependent variable: Gasto Laboral Especial	
Mean of dependent variable = 21447,9	Std. error of regression = 7773,31
Std. dev. of dependent var. = 12515,1	R-squared = 0,613797
Sum of squared residuals = 0,159520E+11	Durbin-Watson statistic = 0,538230
Variance of residuals = 0,604243E+08	Corrected R-squared = 0,596938

Dependent variable: Gasto Personal no Portuario	
Mean of dependent variable = 10410,9	Std. error of regression = 2223,66
Std. dev. of dependent var. = 4445,35	R-squared = 0,749944
Sum of squared residuals = 0,130539E+10	Durbin-Watson statistic = 0,773278
Variance of residuals = 0,494466E+07	Corrected R-squared = 0,739029

Dependent variable: Gasto en Consumos Intermedios	
Mean of dependent variable = 24534,2	Std. error of regression = 4597,01
Std. dev. of dependent var. = 8445,03	R-squared = 0,702706
Sum of squared residuals = 0,557898E+10	Durbin-Watson statistic = 1,26826
Variance of residuals = 0,211325E+08	Corrected R-squared = 0,689728

Dependent variable: Gasto en Superficie Total	
Mean of dependent variable = 7071,48	Std. error of regression = 1035,59
Std. dev. of dependent var. = 2897,86	R-squared = 0,871917
Sum of squared residuals = 0,283125E+09	Durbin-Watson statistic = 0,513589
Variance of residuals = 0,107244E+07	Corrected R-squared = 0,866326



<b>Dependent variable: Gasto en Capital</b>	
Mean of dependent variable = 12985,4	Std. error of regression = 5212,91
Std. dev. of dependent var. = 7728,52	R-squared = 0,545660
Sum of squared residuals = 0,717404E+10	Durbin-Watson statistic = 0,391706
Variance of residuals = 0,271744E+08	Corrected R-squared = 0,525827

Habiendo analizado los parámetros relevantes de primer orden, es conveniente destacar los siguientes resultados en lo que se refiere a los parámetros de segundo orden del modelo de largo plazo, aunque varios de ellos sean poco significativos.

\*No parece existir complementariedad entre los tres productos, si bien la no significatividad estadística de los parámetros, salvo para el cruce de contenedores y rodantes, aconseja ser prudente en la valoración de estos resultados.

\*Por lo que se refiere a la variación de las demandas derivadas por factores en el tiempo, los parámetros estimados señalan que la demanda derivada del factor trabajo disminuye en el tiempo en el caso del personal fijo (no portuario y RLC) y aumenta en el caso del personal en RLE, la superficie, el capital y los consumos intermedios, si bien estas dos últimas no son significativas. Esto parece indicar la tendencia a sustituir personal portuario fijo por eventual.

\*Por último, las *dummys*<sup>8</sup> de empresa estimadas son ambas negativas y estadísticamente significativas, indicando que la terminal de referencia, T.3, presenta un coste más elevado del que presentarían las otras dos en su lugar. Es decir, los valores de las *dummys* reflejan que existen circunstancias específicas de las empresas que suponen algunas diferencias mínimas entre las mismas en término medio.

A partir de los parámetros estimados se pueden calcular algunos de los conceptos de coste relevantes en el análisis de las actividades multiproductivas. En concreto se calculan los siguientes.

---

<sup>8</sup> También se realizó el test de Wald de significación conjunta de ambas *dummys*. Fue contrastada la hipótesis nula  $H_0 = T.1 = T.2 = 0$ . Con un valor de  $\text{Chisq}(2) = 124,37882$  y un  $\text{P-value} = 0,00000$ , se rechaza  $H_0$ .

### Costes marginales por producto y empresa

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 6, donde se observa que todos son estadísticamente significativos y se mantiene el mismo orden de mayor a menor coste por productos que existía para la media de la muestra. Además, no existe gran variabilidad entre ellos.

**Cuadro 6. Costes marginales por empresa en la media (pesetas/toneladas)**

Productos	Empresa	Estimación (Ptas/ton)	Estadístico t
Contenedores	T.1.	744	28,05
	T.2.	735	28,07
	T.3.	757	28,97
Mercancía General	T.1.	1994	13,99
	T.2.	1915	13,96
	T.3.	2032	14,38
Rodantes	T.1.	1117	3,089
	T.2.	1017	2,853
	T.3.	1053	2,91

Los costes marginales para contenedores expresados en unidades son 7.595 ptas/unidad para T.1, 8.435 ptas/unidad para T.2 y 8.425 ptas/unidad para T.3., cifras razonables si se tiene en cuenta que las tarifas máximas son de 12.145 ptas/unidad.

### Economías de escala globales y específicas

Utilizando los parámetros estimados se calculan las economías de escalas globales y específicas y los resultados se resumen en el cuadro 7. Se observa que todas son estadísticamente significativas. Las economías de escala globales mayores que uno indican que el coste radial medio en la media es decreciente para variaciones proporcionales de todos los productos. Las economías de escala específicas estimadas son muy próximas a la unidad, para los tres productos.

**Cuadro 7. Economías de escala globales y específicas estimadas en la media**

Economías de escala	Estimación	Estadístico t
Globales	1,64	33,18
Contenedores	1,01	254,80
Mercancía General	1,00	251,87
Rodantes	1,08	32,30

Los resultados por empresa se recogen en el cuadro 8, donde se observa que la empresa T.3 muestra unas economías de escala globales menores que las otras dos, que presentan valores similares. Como se recordará, esta es la terminal más grande y de mayor producción, lo que sugiere un agotamiento de las economías de escala a esos volúmenes de producción.

**Cuadro 8. Economías de escala globales para la muestra y por terminal en la media**

	<b>Estimación</b>	<b>Estadístico t</b>
<b>Media</b>	1.64	33.18
<b>T.1</b>	2.26	32.61
<b>T.2</b>	2.13	24.63
<b>T.3</b>	1.07	37.17

### **Economías de diversidad**

A partir de los parámetros estimados, se analizan todas las particiones ortogonales relevantes del vector de productos, es decir, se compara el coste de producción por una única empresa de todos los productos en la media con el que existiría si la producción se efectuara con más empresas:

- \* tres empresas especializadas cada una en uno de los productos =  $ED$ ;
- \* dos empresas: una especializada en contenedores y la otra produciendo los otros dos productos =  $ED_C$ ;
- \* dos empresas: una especializada en m.general y la otra produciendo los otros dos productos =  $ED_{MG}$ ;
- \* dos empresas: una especializada en rodantes y la otra produciendo los otros dos productos =  $ED_R$ .

Los resultados se resumen en el cuadro 9. Como se observa, todas las estimaciones de  $ED$  están en el rango teóricamente establecido (-1,1) y son todas significativas. La presencia de distintos tipos de economías de diversidad refuerza la existencia de rendimientos globales crecientes a escala, a pesar de que los rendimientos específicos estimados por productos son casi constantes, algo perfectamente plausible dada la relación entre S, Si y  $ED$ .

De los resultados del cuadro 9, se desprende que no conviene especializar dado que la producción conjunta supone siempre un ahorro con respecto a la especialización. Este ahorro es más acusado cuando se tiene una única empresa produciendo todo frente a tres especializadas cada una en un

producto, donde el ahorro en coste de producir conjuntamente en los valores medios alcanzaría el 78%. Es conveniente enfatizar que *ED* examina la conveniencia de producción conjunta **dado** que todos los productos deben ser movidos; no hay consideraciones de demanda en este análisis.

**Cuadro 9. Economías de diversidad estimadas**

<b>E. Diversidad</b>	<b>Estimación</b>	<b>Estadístico t</b>
<b>ED</b>	0,782	21,20
<b>ED<sub>C</sub></b>	0,387	20,95
<b>ED<sub>MG</sub></b>	0,393	21,37
<b>ED<sub>R</sub></b>	0,389	20,83

También importantes, aunque más modestos, son los ahorros que se obtendrían cuando se compara la situación de una única empresa produciendo todo frente a dos: una especializada en un producto y la otra haciéndose cargo de los otros dos, donde el ahorro de la producción conjunta en los valores medios oscilaría entre el 38,7% y el 39,3% según el caso. Como puede observarse, en estos casos (*ED<sub>C</sub>*, *ED<sub>MG</sub>*, y *ED<sub>R</sub>*) los ahorros alcanzados son muy parecidos con independencia de cual es la partición realizada. La razón es que los únicos términos que dependen de la partición escogida son los de segundo orden que implican los productos que están dentro de T y de N-T y estos son muy pequeños con respecto a los de primer orden en la estimación obtenida.

## **7. Conclusiones**

El conocimiento de la estructura de coste es útil para el regulador por tres razones básicas. En primer lugar, la estimación de los costes marginales y las economías de escala globales y específicas es una herramienta fundamental para la regulación por tarifa máxima ya que informa al regulador de la viabilidad o no de tarificar al coste marginal dadas las economías de escala. En segundo lugar, el cálculo de la economías de diversidad facilita información al regulador sobre la conveniencia de que las terminales se diversifiquen o bien que se especialicen, objetivando una decisión que, cuando es correcta, supone siempre una reducción de costes. Por último, la capacidad de medir el grado de subaditividad proporciona al regulador una herramienta adecuada para decidir la estructura óptima del puerto en término de número de terminales. En definitiva, todos los conceptos de coste definidos contribuyen a aumentar la información disponible para el regulador, y por lo tanto su conocimiento de la realidad que tiene que regular, orientándole

adecuadamente en el ejercicio de sus competencias, y definiendo el margen de su actuación.<sup>9</sup>

En términos de la primera contribución de los modelos de costes, este estudio empírico ofrece una primera estimación de los principales indicadores de relevancia para un regulador. Los niveles de coste marginal y el orden relativo de estos, esencialmente confirman la intuición económica. Los costes marginales más bajos corresponden al producto contenedor, como era de esperar, siendo el segundo lugar para los rodantes, con un coste marginal 1,4 veces el coste marginal del contenedor y, por último y a una distancia mayor, la mercancía general con un coste marginal 2,65 veces el que presenta el contenedor, en la media. Los costes marginales estimados presentan el mismo comportamiento cuando se estiman por empresa. A su vez, las economías de escala globales estimadas son mayores que uno, indicando que el coste radial medio en la media de la muestra es decreciente cuando se producen variaciones proporcionales de todos los productos. Por tanto, la tarificación al coste marginal no cubriría los costes totales. Dado que el servicio es prestado por empresas privadas no subvencionadas tienen sentido tarifas máximas por encima de los costes marginales lo contrario sería admitir que las empresas están operando con pérdidas. De la comparación de estos resultados con la tarifas máximas vigentes durante el periodo muestral se observa que las tarifas máximas establecidas, en todos los casos, están por encima de los costes marginales estimados, de manera que el resultado es consistente con el comportamiento de las empresas privadas<sup>10</sup>.

En cuanto a la segunda contribución, las estimaciones obtenidas sobre las economías de diversidad, para todas las particiones ortogonales relevantes del vector de productos, permiten concluir que en este caso específico no es conveniente la especialización. Hay evidentes ahorros derivados de la producción conjunta, tanto cuando ésta se compara con el caso extremo de tres empresas especializadas en cada uno de los productos, como cuando se compara con cualquier

---

<sup>9</sup> Por ejemplo, se podría llegar a la conclusión de que sólo es factible una terminal en el puerto. En este caso, la regulación debe ser más estricta por la ausencia de competencia dentro del puerto. Por el contrario, si es posible que en el mercado convivan más de una terminal la necesidad de regular se reduce, aunque el regulador aún, tendrá que controlar que no se produzca colusión entre las distintas terminales que operan en el puerto. La evidencia del puerto de Buenos Aires ilustra claramente las dificultades a las que se enfrentan los reguladores a la hora de diseñar una correcta planificación portuaria. De una división inicial en seis terminales portuarias en la actualidad en el Puerto de Buenos Aires están operando tres. Para una explicación detallada de este caso ver *Trujillo y Serebrisky (2003)*.

<sup>10</sup> La existencia de cierto nivel de competencia entre las tres terminales parece indicar que tampoco estarían ganando un beneficio excesivo.

partición en dos empresas (una especializada).

Por último, la presencia de economías de escala y de economías de diversidad no es suficiente para concluir la subaditividad de la función de costes estudiada, objetivo no alcanzable con la información disponible en la realización de este artículo. En todo caso, los resultados de escala y diversidad mirados en conjunto sugieren la conveniencia de alcanzar tamaños mayores por parte de las dos empresas más pequeñas, manteniendo la manipulación de los tres productos. Para obtener resultados mas concluyentes es necesario la ampliación de la base de datos de tal manera que se permita hacer las estimaciones pertinentes para el cálculo de este concepto. Desarrollos futuros de esta investigación van encaminados hacia el logro de este objetivo.

## Referencias bibliográficas.

Baumol, W., Panzar, J. y Willig, R. (1982): *Contestable markets and the theory of industry structure*. Harcourt, Bruce and Jovandich, Inc., New York.

Estache, A., González, M. y Trujillo, L. (2002): "Efficiency gains from port reform and the potencial for yardstick competition: lessons from México". *World Development*, Vol. 30, N° 4, págs. 545-560.

Chang, S. (1978): "Production function and capacity utilization of the port of Mobile". *Maritime Policy and Management*. Vol. 5, págs. 297-305.

Jara Díaz, S., Cortes, C, Vargas, A. y Martínez-Budría, E. (1997): Marginal costs and scale economies in spanish ports. *25<sup>th</sup> European Transport Forum*, Proceedings Seminar L, PTRC, London, 137-147

Jara Díaz, S., Martínez-Budría, E., Cortes, C. y Basso, L. (2002): "A multioutput cost function for the services of spanish ports' infrastructure". *Transportation*. Vol 29, n° 4, págs. 419-437.

Kim, M. y Sachish, A. (1986): "The structure of production, technical change and productivity in a port". *International Journal of Industrial Economics*. Vol. 35, N°2, págs. 209-223.

Martínez-Budría, E. (1996): "Un estudio econométrico de los costes del sistema portuario español". *Revista Asturiana de Economía*. Vol. 6, págs. 135-149.

Martínez-Budría, E., González-Marrero, R. y Díaz, J. (1998): *Análisis económico de las Sociedades Estatales de Estiba y Desestiba en España*. Documento de trabajo 97/98-1. Universidad de La Laguna. Tenerife.

Panzar, J. y Willig, R. (1977): "Economies of scale in multi-output production". *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 91, págs. 481-494

Rekers, R.A., Connell, D. y Ross, D.I. (1990): “The development of a production function for a container terminal in the port of Melbourne” *Papers of the Australiasian Trasnport Research Forum*. Vol. 15, págs. 209-218.

Tongzon, J.L. (1993): “The Port of Melbourne Authority’s pricing policy: its efficiency and distribution implications”. *Maritime Policy and Management*. Vol. 20, N°3, págs. 197-203.

Trujillo, L. y Nombela, G. (2000): “Seaports”. *Privatization and Regulation of Transport Infrastructure. Guidelines for Policymakers and Regulators*. Edited by Antonio Estache y Ginés de Rus. The World Bank, Washington, D.C. págs.113-170.

Trujillo, L. and T. Serebrisky (2003), “Market Power: Ports. A Case Study of Postprivatization Mergers”. *Public Policy for the Private Sector*. The world Bank Group Private Sector and Infrastructure Network. Note N° 260.



## ANEXO 1.

### Glosario de variables utilizadas en la estimación de la función de costes

Cons = Constante
Contt = Movimiento mensual de contenedores
MG = = Movimiento mensual de mercancía general
RODT = Movimiento mensual de rodantes
PLC = Precio del personal laboral común
PLE = Precio del personal laboral especial
PI = Precio del input intermedio
PCANON = Precio de la superficie total
PK = Precio del capital
PNPH = Precio del personal no portuario
T = Tendencia
CDOS = Cruce de contenedores consigo mismo
CMG = Cruce de contenedores con mercancía general
CR = Cruce de contenedores con rodantes
CPLC= Cruce de contenedores con precio de personal laboral común
CPLE= Cruce de contenedores con precio de personal laboral especial
CPI = Cruce de contenedores con precio de input intermedio
CPCANON = Cruce de contenedores con precio de superficie total
CPK = Cruce de contenedores con precio de capital
CPNPH = Cruce de contenedores con precio de personal no portuario
CTE = Cruce de contenedores con tendencia
MG2 = Cruce de mercancía general consigo misma
MGR = Cruce de mercancía general con rodantes
MGPLC = Cruce de mercancía general con precio de personal laboral común
MGPLE = Cruce de mercancía general con precio de personal laboral especial
MGPI = Cruce de mercancía general con precio de input intermedio
MGPCANON = Cruce de mercancía general con precio de superficie total
MGPK = Cruce de mercancía general con precio de capital
MGPNPH = Cruce de mercancía general con precio de personal no portuario
MGT = Cruce de mercancía general con tendencia
R2 = Cruce de rodante consigo mismo
RPLC = Cruce de rodante con precio de personal laboral común
RPI = Cruce de rodante con precio de input intermedio
RPCANON = Cruce de rodante con precio de superficie total
RPK = Cruce de rodante con precio de capital
RPNPH = Cruce de rodante con precio de personal no portuario
RT = Cruce de rodante con tendencia
PLC2 = Cruce de precio de laboral común consigo mismo
PLCPLE = Cruce de precio de laboral común con precio de laboral especial
PLCPI = Cruce de precio de laboral común con precio de input intermedio
PLCPCANON = Cruce de precio de laboral común con precio de superficie total

PLCPK = Cruce de precio de laboral común con precio de capital
PLCPNPH = Cruce de precio de laboral común con precio de personal no portuario
PLCT = Cruce de precio de laboral común con tendencia
PLE2 = Cruce de precio de laboral especial consigo mismo
PLEPI = Cruce de precio de laboral especial con precio de input intermedio
PLEPCANON = Cruce de precio de laboral especial con precio de superficie total
PLEPK = Cruce de precio de laboral especial con precio de capital
PLEPNPH = Cruce de precio de laboral especial con precio de personal no portuario
PLET = Cruce de precio de laboral especial con tendencia
PI2 = Cruce de precio de input intermedio consigo mismo
PIPCANON = Cruce de precio de input intermedio con precio de superficie total
PIPK = Cruce de precio de input intermedio con precio de capital
PIPNPH = Cruce del precio del input intermedio con el precio del personal no portuario
PIT = Cruce de precio de input intermedio con tendencia
PCANON2 = Cruce de precio de superficie total consigo mismo
PCANONPK = Cruce de precio de superficie total con precio de capital
PCANONPNPH = Cruce de precio de superfic. total con precio de personal no portuario
PCANONT = Cruce de precio de superficie total con tendencia
PK2 = Cruce de precio de capital consigo mismo
PKPNPH = Cruce de precio de capital con precio de personal no portuario
PKT = Cruce del precio del capital con la tendencia
PNPH2 = Cruce del precio del personal no portuario consigo mismo
PNPHT = Cruce del precio del personal no portuario con la tendencia
T2 = Cruce de la tendencia consigo misma
T.1 = <i>Dummy</i> para la terminal T.1
T.2 = <i>Dummy</i> para la terminal T.2.