

6. Estimación de los modelos y resultados.

En el capítulo anterior, a partir del análisis pormenorizado de la información disponible en las variables relevantes, se concluyó que en el estudio de la actividad económica de las terminales de contenedores del Puerto de La Luz y de Las Palmas existe suficiente evidencia como para proceder a estimar un modelo de largo plazo, sujeto a verificación con el correspondiente modelo de corto plazo dado que se cuenta con datos mensuales.

Aunque se realizan las estimaciones de ambos modelos, el objetivo de este capítulo es la presentación sistemática de los resultados obtenidos en la estimación del modelo de largo plazo. El modelo de corto plazo sólo se utiliza para validar la bondad del modelo de largo plazo, presentando los parámetros estimados de primer orden que, como se esperaba, son muy similares a los obtenidos en el modelo de largo plazo.

El resto del capítulo se estructura como sigue. En la sección 6.1 se presentan las especificaciones econométricas correspondientes a los modelos de largo y corto

plazo definidos en el capítulo anterior y se describen los sistemas de ecuaciones a estimar. En la sección 6.2 se determinan los signos esperados en los parámetros a estimar, para continuar, en la sección 6.3 con la presentación de los resultados del sistema de ecuaciones estimadas correspondientes al modelo de largo plazo y de algunos estadísticos relevantes. En la sección 6.4 se analizan los resultados obtenidos y además se comparan los parámetros de primer orden correspondientes a la estimación de los modelos de largo y corto plazo. A continuación, en la sección 6.5, se presentan los cálculos efectuados a partir de los parámetros estimados de algunos conceptos de coste relevantes como elasticidades coste producto, economías de escala específicas y globales y economías de diversidad. Por último, en la sección 6.6, además de un breve resumen se presentan las conclusiones del capítulo.

6.1. Especificación econométrica de los modelos de largo y corto plazo: los sistemas de ecuaciones.

Como se comentó en el capítulo 2, en la estimación de funciones de costes es claramente preferible usar formas funcionales que eviten restricciones impuestas por la propia forma funcional, como son las llamadas formas funcionales flexibles. Dentro de éstas 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 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.

Por otra parte, como también se comentó en el capítulo 2, la estimación se hará en desviaciones a la media con varios propósitos: evitar problemas de multicolinealidad entre los términos de primer y segundo orden, facilitar la interpretación de los parámetros de primer orden (inmediata en el punto de aproximación) y facilitar también, en su momento, el cálculo de los conceptos de coste relevantes que se obtendrán a partir de los parámetros estimados.

La especificación econométrica de la función de coste total a largo plazo es:

$$\begin{aligned}
 CT = & A_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i (y_i - \bar{y}_i) + \sum_{i=1}^n \beta_i (p_i - \bar{p}_i) + \phi(T - \bar{T}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (p_i - \bar{p}_i)(p_j - \bar{p}_j) \\
 & + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{i=1}^m \lambda_i (y_i - \bar{y}_i)(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^n \mu_i (p_i - \bar{p}_i)(T - \bar{T}) \\
 & + \pi(T - \bar{T})(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^N \theta_i D_i
 \end{aligned} \tag{6.1}$$

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.

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

$$\begin{aligned}
 CT = & A_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i (y_i - \bar{y}_i) + \sum_{i=1}^n \beta_i (p_i - \bar{p}_i) + \eta(stot - \overline{stot}) + \phi(T - \bar{T}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(y_j - \bar{y}_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (p_i - \bar{p}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \frac{1}{2} \sigma (stot - \overline{stot})(stot - \overline{stot}) \\
 & + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} (y_i - \bar{y}_i)(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{i=1}^m \tau_i (y_i - \bar{y}_i)(stot - \overline{stot}) + \sum_{i=1}^n \iota_i (p_i - \bar{p}_i)(stot - \overline{stot}) \\
 & + \sum_{i=1}^m \lambda_i (y_i - \bar{y}_i)(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^n \mu_i (p_i - \bar{p}_i)(T - \bar{T}) + \kappa (stot - \overline{stot})(T - \bar{T}) \\
 & + \pi (T - \bar{T})(T - \bar{T}) + \sum_{i=1}^N \theta_i D_i
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

donde:

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

En definitiva, tanto en el modelo de largo como en el de corto plazo, se trata de una función cuadrática desviada de la media de la muestra, donde además, se han incluido *dummies* de empresa que permiten capturar efectos específicos, y una tendencia temporal cruzada con todas las variables, que recoge el posible cambio técnico¹.

¹Los parámetros de los términos comunes a los dos modelos se han denominado del mismo modo,

En ambos casos, utilizando la técnica iterativa modificada de Zellner, se estima un sistema de ecuaciones formado por la función de coste total presentada en el epígrafe anterior (a largo o corto plazo según sea el caso) y las ecuaciones de gasto en factores obtenidas por la aplicación del Lema de Shephard, que permite obtener tantas ecuaciones adicionales a la función de costes como factores productivos variables intervengan en la estimación de costes sin introducir ningún parámetro adicional.

Las ecuaciones de gasto en factores productivos variables responden a la siguiente ecuación en el modelo de largo plazo:

$$G_i = p_i \cdot x_i = p_i \cdot \left[\beta_i + 2\gamma_{ii}(p_i - \bar{p}_i) + \sum_{j \neq i}^m \gamma_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \mu_i(T - \bar{T}) \right] \quad (6.3)$$

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, resto de capital

m = Número de productos

n = Número de factores productivos

T =Tendencia temporal.

con el propósito de facilitar la presentación de la interpretación de los parámetros, y en su

En el modelo de corto plazo, la ecuación de gasto en factores variables es la siguiente:

$$G_i = p_i \cdot x_i = p_i \cdot \left[\beta_i + 2\gamma_{ii}(p_i - \bar{p}_i) + \sum_{j \neq i}^m \gamma_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + t(stot - \bar{stot}) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \mu_i(T - \bar{T}) \right] \quad (6.4)$$

donde:

x_i = Demanda derivada por el factor variable i , con i = Trabajo no portuario, trabajo portuario en relación laboral común, trabajo portuario en relación laboral especial, consumos intermedios, resto de capital

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

6.2. Estática comparativa del modelo: interpretación de los parámetros.

6.2.1. Parámetros de primer orden.

Utilizando los resultados de estática comparativa que se presentan en la sección 2.4 del capítulo 2, se concluye que, en ambos modelos, los parámetros de primer orden en productos (α_i) y precio de los factores (β_i) deben ser no negativos y dan una estimación en el punto de aproximación² de los costes marginales y las demandas derivadas de los factores variables respectivamente. En el modelo de corto plazo el parámetro de primer orden con respecto a la medida física del factor

momento, la comparación de resultados.

² Se utiliza la media aritmética.

fijo superficie total (η), es una estimación, en el punto de aproximación, del precio de dicho factor³.

El cambio técnico exógeno puede analizarse si se añade una variable T a las variables exógenas del modelo. Por tanto, el parámetro de primer orden de la tendencia (Φ) indica, en ambos modelos, si el coste varía con el tiempo por otros motivos que no quedan explicados por el resto de las variables. Este parámetro se espera no positivo debido a que refleja las variaciones del coste con el paso del tiempo y es un indicador del cambio tecnológico.

6.2.2. Parámetros de segundo orden.

Las derivadas parciales de segundo orden de la función de costes que se analizan en la sección 2.4 del capítulo 2, al estudiar la estática comparativa del problema de minimización de costes, se corresponden con los parámetros de segundo orden de la función cuadrática que se va a utilizar en la estimación. Conocer qué signo pueden tomar estas derivadas, no sólo es útil en la interpretación de los resultados, sino que además, permite analizar la bondad de los mismos.

³ Mientras que el precio de los factores variables es determinado exógenamente, el precio de los factores fijos es “imputado” endógenamente, ya que en el largo plazo un factor fijo se adquiere justo hasta el nivel donde el decremento asociado en el coste variable (precio sombra) se equilibra exactamente con el incremento en el coste marginal (*Chambers, 1988*).

En la interpretación de dichos parámetros es útil tener presente tanto las ecuaciones de demandas derivadas por factores que se presentaron en la sección 6.1, como las de coste marginal, pues ambas implican parámetros de la ecuación de costes totales siendo, por tanto, estos parámetros susceptibles de ser interpretados como la segunda derivada del coste total, o la primera derivada de las demandas por factores o del coste marginal, según corresponda.

El coste marginal del producto i responde a la siguiente expresión para el modelo de largo plazo:

$$Cm_i = \frac{\partial CT}{\partial y_i} = \alpha_i + 2\delta_{ii}(y_i - \bar{y}_i) + \sum_{j \neq i}^m \delta_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + \lambda_i(T - \bar{T}) \quad (6.5)$$

En el modelo de corto el coste marginal del producto i viene dado por la expresión:

$$Cm_i = \frac{\partial CT}{\partial y_i} = \alpha_i + 2\delta_{ii}(y_i - \bar{y}_i) + \sum_{j \neq i}^m \delta_{ij}(y_j - \bar{y}_j) + \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(p_j - \bar{p}_j) + \tau(stot - \bar{stot}) + \lambda_i(T - \bar{T}) \quad (6.6)$$

De los parámetros de segundo orden, los únicos cuyo signo viene determinado por el problema de minimización de costes son los parámetros γ_{ii} , ya que estos parámetros son una estimación de cómo varía la demanda derivada del factor variable cuando varía su precio. El signo debe ser no positivo.

A su vez, los parámetros γ_{ij} son una estimación de cómo varía la demanda derivada del factor variable i cuando varía el precio del factor variable j . Como ya se ha indicado, el signo puede ser positivo, negativo o cero e indica según el caso la sustituibilidad, complementariedad o independencia entre ambos factores productivos.

En nuestro modelo las derivadas que corresponden a los términos cruzados de productos y precios están representadas por los parámetros ρ_{ij} . Estos parámetros proporcionan una estimación de cómo varía la demanda derivada del factor variable j cuando varía la producción del bien i , o también una estimación de cómo varía el coste marginal del producto i al variar el precio del factor j . Un signo positivo indica que el factor es normal, mientras que un signo negativo indica que se trata de un factor regresivo⁴.

Los parámetros δ_{ij} corresponden a los términos en segundo orden de los productos. Por tanto, es claro que el parámetro δ_{ij} refleja cómo varía el coste marginal del producto i al incrementar marginalmente la producción del producto j , y por ello expresa si existen o no complementariedades en la producción de ambos productos. Así, un signo negativo indica que el incremento marginal de la producción del producto j reduce el coste marginal del producto i , poniendo de manifiesto la existencia de complementariedad de costes entre ambos productos.

⁴ Un factor regresivo es aquel que es empleado en cantidades decrecientes cuando la empresa expande la producción. Todos los inputs del producto y_j no pueden ser regresivos ya que $w_i > 0$ para todo i y $Cm_g y_j > 0$ (Chambers, 1988).

Un signo positivo indicaría justo lo contrario. De lo anterior se sigue que δ_{ii} refleja como varía el coste marginal del producto i al incrementar marginalmente su propia producción, por lo que el signo del parámetro no está determinado.

Por su parte, los parámetros λ_i corresponden a los términos de cruce entre la tendencia y los productos, por lo que aparecen en la ecuación de coste total y de coste marginal. Utilizando esta última ecuación pueden interpretarse como una estimación de la variación del coste marginal del producto i en el tiempo. Puede tomar cualquier signo.

Del mismo modo, los parámetros μ_i corresponden a los términos de cruce entre la tendencia y los precios de los factores productivos, por lo que pertenecen tanto a la ecuación de coste total como a las ecuaciones de demanda derivada por el factor. También pueden tomar cualquier signo debido a que son una estimación de cómo varía la demanda derivada del factor variable i en el tiempo.

El parámetro π corresponde al término en segundo orden de la tendencia y aparecerá, por tanto, sólo en la ecuación de coste total. Es la derivada segunda del coste total con respecto a la tendencia y , por tanto, indica si la variación del coste con el paso del tiempo por otros motivos que no quedan explicados por el resto de las variables, que es lo que señala el parámetro de primer orden, es creciente o decreciente. Se espera un signo positivo, que se interpreta como que el efecto del parámetro de primer orden es cada vez más moderado.

Por otro lado, los parámetros θ_i se corresponden con las *dummys* de empresa que se han incluido con el objeto de poder capturar efectos individuales específicos de cada empresa. Como la ecuación de coste total tiene término constante el número de *dummys* incluidas debe ser una menos que el número de terminales⁵. De este modo, el término constante, parámetro A_0 , es una estimación del coste total en la media para la terminal que se utiliza como referencia, para la que no se define variable *dummy*.

De este modo, los coeficientes de las variables *dummys* miden las diferencias entre el coste total en la media de cada terminal y el que presenta la terminal utilizada como referencia. Por ello, una primera comprobación de que estamos ante una buena estimación consiste en determinar si el parámetro constante, A_0 , más el promedio de los parámetros θ_i de las *dummys* ofrece un resultado similar al coste en la media de la muestra para todas las observaciones.

6.3. Resultados de la estimación.

Para realizar las estimaciones se cuenta con un pool asimétrico de 264 observaciones mensuales: 72 corresponden a observaciones mensuales de T.1 entre enero de 1992 y diciembre de 1997; 108 corresponden a T.2 entre enero de

⁵ Si se incluyeran tantas *dummys* como terminales y el término constante se tendría un problema de multicolinealidad exacta.

1991 y diciembre de 1999 y por último 84 corresponden a T.3 entre enero de 1992 y diciembre de 1998.

Como ya se adelantó, la estimación simultánea del sistema de ecuaciones se realiza por el método de estimación de sistemas de ecuaciones aparentemente no relacionadas *SURE* (*Seemingly Unrelated Regressions Estimation*), también conocido como el método iterativo de Zellner. Este es un método recursivo que considera que las variables endógenas mantienen una estrecha relación conceptual entre ellas. El método consiste simplemente 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. Por tanto, el método alcanza una mejora en la eficiencia al tener en cuenta que la matriz de correlaciones de los errores entre ecuaciones podría no ser cero (*Pindyck, 1991*).

La aplicación de mínimos cuadrados generalizados requiere la obtención de una estimación de las covarianzas de los errores entre ecuaciones. Para obtenerlas, se estima previamente cada ecuación usando mínimos cuadrados ordinarios. Las varianzas y covarianzas de los residuos estimados se emplean para obtener una estimación consistente de la matriz de covarianzas de los errores, que a su vez se utiliza como una matriz de ponderaciones en la reestimación del modelo. Por

tanto, este método es un procedimiento de estimación en dos etapas consistente y asintóticamente eficiente.

Utilizando el paquete econométrico TSP 43 se estimaron dos sistemas de ecuaciones correspondientes a los modelos de largo y corto plazo definidos en los epígrafes anteriores.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la estimación del modelo de largo plazo en su versión definitiva, en el que 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.

Como ya se ha mencionado anteriormente, del modelo de corto plazo sólo se presentan, en el próximo epígrafe y conjuntamente con las del modelo de largo plazo, las estimaciones de los parámetros de primer orden.

6.3.1. Estimación del sistema de ecuaciones de largo plazo.

Por lo que respecta al modelo de largo plazo, los resultados de la estimación de los parámetros se presentan en el *cuadro 6.1*. El sistema de ecuaciones correspondiente al modelo de largo 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, consumos intermedios, superficie, capital.

Cuadro 6.1. Resultados de la estimación del modelo de largo plazo.

Parámetro	Variable (1)	Estimación	Error estándar	Estadístico t
C1=A ₀	CONS	96680,2	690,475	140,02
C2=α _{contt}	CONTT	744,568	26,1409	28,4829
C3=α _{mg}	MG	1973,57	139,062	14,192
C4=α _{rodt}	RODT	1055,81	356,65	2,96036
C5=β _{plc}	PLC	1,57685	0,022611	69,7386
C6=β _{ple}	PLE	2,33895	0,051002	45,8603
C7=β _{pi}	PI	982,53	11,2547	87,2994
C8=β _{pcanon}	PCANON	61592,9	576,436	106,851
C9=β _{pk}	PK	583266	14363,4	40,6078
C10=β _{pnpnh}	PNPH	0,021919	2,86E-04	76,6747
C11=φ	T	-67,0148	34,1904	-1,96005
C12=δ _{cdos}	CDOS	-0,068971	0,049706	-1,38758
C13=δ _{cdos}	CMG	0,408093	0,557917	0,731457
C14=δ _{cdos}	CR	4,57755	1,54726	2,95849
C15=ρ _{cpic}	CPLC	9,95E-03	7,10E-04	14,0028
C16=ρ _{cpic}	CPLE	0,02	1,45E-03	13,7777
C17=ρ _{cpi}	CPI	5,818	0,511285	11,3792
C18=ρ _{pcanon}	CPCANON	180,843	21,0889	8,57526
C19=ρ _{cpk}	CPK	7785,87	611,748	12,7272
C20=ρ _{cpnpnh}	CPNPH	2,62E-04	1,34E-05	19,6209
C21=λ _{cte}	CTE	0,120936	0,150679	0,802607
C22=δ _{mg2}	MG2	-0,518286	1,40314	-0,369375
C23=δ _{mgr}	MGR	1,15946	8,13486	0,14253
C24=ρ _{mgplc}	MGPLC	0,037099	4,60E-03	8,06544
C25=ρ _{mgple}	MGPLE	0,078918	0,01047	7,53744
C26=ρ _{mgpi}	MGPI	8,45203	2,50495	3,37413
C27=ρ _{mgpcanon}	MGPCANON	-109,421	120,741	-0,906247
C28=ρ _{mgpk}	MGPk	18048,7	2947,32	6,12378
C29=ρ _{mgpnpnh}	MGPNPH	4,48E-04	5,61E-05	8,00074
C30=λ _{mgt}	MGT	-0,469081	0,629254	-0,745456
C31=δ _{r2}	R2	-40,9608	10,3971	-3,93965
C32=ρ _{rplc}	RPLC	0,037754	0,011358	3,32395
C34=ρ _{rpi}	RPI	20,5144	6,6753	3,07318
C35=ρ _{rpcanon}	RPCANON	-583,417	337,467	-1,72881
C36=ρ _{rpik}	RPK	-4811,55	7599,82	-0,633114
C37=ρ _{rpnph}	RPNPH	7,67E-04	1,66E-04	4,62008
C38=λ _{rt}	RT	-0,734985	1,88866	-0,389156

Parámetro	Variable (1)	Estimación	Error estándar	Estadístico t
C39= γ_{plc2}	PLC2	-7,20E-06	1,36E-06	-5,27695
C40= γ_{plcple}	PLCPLE	-2,11E-05	7,46E-06	-2,83304
C41= γ_{plcpi}	PLCPI	9,25E-03	2,77E-03	3,33348
C42= $\gamma_{plcpcanon}$	PLPCANON	-0,307449	0,164174	-1,8727
C43= γ_{plcplk}	PLCPK	6,33105	2,33813	2,70774
C44= $\gamma_{plcpnpk}$	PLCPNPK	1,90E-07	6,48E-08	2,93544
C45= μ_{plet}	PLCT	-0,015786	1,12E-03	-14,0831
C46= γ_{ple2}	PLE2	-2,33E-05	9,31E-06	-2,50139
C47= γ_{plepi}	PLEPI	0,028954	7,71E-03	3,75454
C48= $\gamma_{plepcanon}$	PLEPCANON	0,788301	0,477103	1,65227
C49= γ_{plepk}	PLEPK	-8,6808	5,87937	-1,47648
C50= $\gamma_{plepnpk}$	PLEPNPK	1,69E-07	1,54E-07	1,09846
C51= μ_{plet}	PLET	9,91E-03	2,68E-03	3,69417
C52= γ_{pi2}	PI2	-15,0668	2,44814	-6,15439
C53= $\gamma_{pipcanon}$	PIPCANON	901,258	299,174	3,01249
C54= γ_{pipk}	PIPK	2696,68	2585,63	1,04295
C55= γ_{pipnpk}	PIPNPK	4,67E-05	9,37E-05	0,497954
C56= μ_{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
C59= $\gamma_{pcanonpnpk}$	PCANONPNPK	-0,045851	7,98E-03	-5,74755
C60= $\mu_{pcanont}$	PCANONT	196,049	39,8325	4,92183
C61= γ_{pk2}	PK2	-1,33E+06	1,36E+06	-0,977757
C62= γ_{pkpnpk}	PKPNPK	0,231914	0,059244	3,91454
C63= μ_{pkt}	PKT	125,511	696,051	0,180318
C64= γ_{pnpk2}	PNPK2	-5,59E-09	1,41E-09	-3,97384
C65= μ_{pnpkht}	PNPKHT	-9,87E-05	1,54E-05	-6,41019
C66= π	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 6.1.

Fuente: Elaboración propia

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

Dependent variable: Gasto en Capital	
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

6.4. Análisis de los resultados obtenidos.

6.4.1. Parámetros de primer orden.

Como ya se comentó en el epígrafe correspondiente, los signos esperados de los parámetros de primer orden en productos (α_i) y precio de los factores (β_i), y para la medida física del modelo de corto (η), se esperan no negativos, mientras que la tendencia (Φ) se espera negativa.

En el *cuadro 6.2* se resumen los resultados de la estimación de los parámetros de primer orden para ambos modelos. Obsérvese que los dos modelos sólo se diferencian en la variable que se corresponde con el parámetro C8, que en el caso del modelo de corto plazo se corresponde con la cantidad de superficie, mientras que en el modelo de largo es el precio por unidad de superficie.

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. 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.

Cuadro 6.2 Gasto, costes marginales, demanda de factores y tendencia.

Parámetro	Modelo largo plazo		Modelo corto plazo	
	Estimación	Estadístico t	Estimación	Estadístico t
Coste total (media)-C1	96680,2	140,02	97393,7	138,918
Coste marginal Contenedores-C2	744,568	28,4829	683,665	20,7244
Coste marginal Mercancía General -C3	1973,57	14,192	2055,62	14,9585
Coste marginal Rodantes-C4	1055,81	2,96036	1138,57	3,05075
Demanda de personal laboral común-C5	1,57685	69,7386	1,58412	73,6565
Demanda de personal laboral especial-C6	2,33895	45,8603	2,32827	49,132
Demanda de consumos intermedios-C7	982,53	87,2994	980,963	88,276
Demanda de superficie total-C8	61592,9	106,851		
Demanda de capital-C9	583266	40,6078	589240	44,8326
Demanda de personal no portuario-C10	0,021919	76,6747	0,021979	78,2818
Tendencia-C11	-67,0148	-1,96005	-64,4957	-1,89257

Fuente: Elaboración propia.

Los costes marginales estimados, por ambos modelos, en la media de las observaciones para contenedores (C2), mercancía general (C3) y rodantes (C4) se encuentran en el orden y magnitudes esperados. Efectivamente, era de esperar que el producto de menor coste marginal fuese 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.

Aunque no existen datos de rendimientos por productos en las terminales, ni en el Puerto de La Luz y de Las Palmas, todos los expertos⁶ consultados coinciden en

⁶ Gerentes y personal técnico de las terminales, de la Autoridad Portuaria y de la Sociedad Estatal.

que los rendimientos obtenidos en la manipulación de contenedores y rodantes son similares⁷, y bastante más pobres los que se logran con la mercancía general.

No se dispone de información para calcular rendimientos por tipo de producto, pero sí puede obtenerse un indicador de las toneladas movidas por turnos (jornada de seis horas de trabajo), para cada una de las terminales. Los cálculos efectuados señalan un rendimiento menor de la terminal que manipula en términos porcentuales un volumen mayor de mercancía general (T.2). Por tanto, el resultado obtenido parece apoyar el menor rendimiento conseguido al manipular mercancía general.

Como no se dispone de datos de precios (de productos) con los que poder comparar los costes marginales obtenidos se recurre a las tarifas máximas existentes en el Puerto⁸, en el entendimiento de que éstas son el límite superior de los costes marginales (lo contrario sería admitir que la empresas están teniendo pérdidas). Las tarifas máximas en vigor durante el periodo de estudio en el Puerto de La Luz y de Las Palmas⁹ están divididas en grupos en función del tipo de mercancía.

⁷ Aunque por falta de datos no se ha podido contrastar, al parecer si los costes marginales de los rodantes fuesen expresados en unidades las diferencias con los contenedores se reducirían. La razón argumentada por los expertos consultados es que el peso medio por unidad de rodante manipulada en las terminales analizadas, es inferior al que presentan los contenedores.

⁸ En los puertos españoles existen tarifas máximas para los servicios públicos de estiba/desestiba, carga/descarga y recepción/entrega.

⁹ Publicadas en el Boletín Oficial de la Provincia de Las Palmas de mayo de 1991.

En el caso de los rodantes y, sobre todo, de la mercancía general, la gran cantidad de grupos definidos dificulta la comparación, por lo que sólo se señala que, en todos los grupos definidos para estos dos productos, los costes marginales obtenidos en la estimación son inferiores a las tarifas máximas expresadas en toneladas, lo cual es una señal de que los costes marginales obtenidos son razonables.

Cuando se trata de contenedores, las tarifas máximas se aplican por unidad y ascienden a 12.820 pesetas/movimiento para contenedores gancho, y a 12.145 pesetas/movimiento para contenedores *spreader*¹⁰.

Con el propósito de realizar la comparación con estas tarifas máximas, los costes marginales obtenidos por contenedor deben expresarse en unidades. Para ello se tiene en cuenta que el peso medio por contenedor de la muestra es 11,02 ton/unidad. De este modo, el coste marginal por unidad de un movimiento de carga o descarga de contenedor es de 8.205 ptas/unidad en el modelo de largo plazo y de 7.534 ptas/unidad en el modelo de corto plazo. Si se tiene en cuenta que las tarifas máximas por contenedor, tanto en el caso del *spreader* como del gancho, son superiores, estos costes marginales parecen razonables. Cabe señalar que el buen comportamiento de los costes marginales que se acaba de indicar se

¹⁰ La diferencia es que los contenedores con *spreader* pueden ser directamente enganchados (con el *spreader*) sin necesidad de efectuar el trincaje manualmente como ocurre con los contenedores gancho. El hecho de que el trincaje o anclaje sea colocado manualmente supone menores rendimientos por jornada de trabajo.

mantiene cuando se realizan los cálculos por empresa como se verá en la sección 6.5.1.

Otra muestra de la bondad de las estimaciones de ambos modelos es que reproducen bien el coste y el gasto por factores en la media como se pone de manifiesto en el *cuadro 6.3*, donde para cada modelo se recoge en la primera columna el gasto estimado, y en la segunda la diferencia, en términos porcentuales, entre el gasto estimado y el gasto en la media de todas las observaciones de la muestra. Por último, la tendencia de primer orden también muestra el signo negativo esperado en ambos modelos¹¹, indicando que el coste disminuye en el tiempo.

Cuadro 6.3. Diferencias entre costes y gastos medios y costes y gastos estimados (miles de pesetas).

	Modelo largo plazo		Modelo corto plazo	
	Estimación	Dif. (%) (1)	Estimación	Dif. (%) (1)
Gasto total (media) (2)	94.210	0,60	93.791	1,05
Gasto personal laboral común	17.306	3,66	17.386	3,22
Gasto personal laboral especial	21.765	-1,48	21.666	-1,02
Gasto personal no portuario	10.616	-1,97	10.645	-2,25
Gasto consumos intermedios	24.976	-1,80	24.936	-1,64
Gasto superficie	6.950	1,72		
Gasto capital	13.209	-1,72	13.344	-2,76

- (1) Diferencia entre el gasto y la estimación sobre el gasto
- (2) Téngase en cuenta que al gasto total estimado se le suma el promedio de las *dummies* para ser comparado con el gasto total. Por esta razón estas estimaciones del gasto total difieren de las presentadas en el *cuadro 6.2*

Fuente: Elaboración propia

¹¹Aunque sólo es estadísticamente significativa en el modelo de largo plazo. Sin embargo, como en el modelo de corto presenta un valor del estadístico t muy próximo a 1,96 (1,89) se efectuó el Test de Wald de significación conjunta de todos los parámetros de primer orden en el modelo de corto plazo, el cual permite, con un valor $\text{Chiq}(11)=26,172,519$ y un p-value 0,00000, rechazar la hipótesis nula $H_0=C_1=C_2=C_3=C_4=C_5=C_6=C_7=C_8=C_9=C_{10}=C_{11}=0$

Por otra parte, imponer la condición de homogeneidad de grado uno en una cuadrática restringe de modo muy importante la flexibilidad de la forma funcional de modo que, en lugar de imponerla como restricción, hay que comprobar que la estimación obtenida cumple esta condición. Efectivamente, en el modelo de largo plazo, esta verificación se puede efectuar realizando unos cálculos elementales a partir de la información presentada en el *cuadro 6.3*. Se observa que la suma de todos los gastos estimados en factores productivos, 94.822 miles de pesetas, es muy próxima al gasto estimado total en dichos factores productivos, 94.210 miles de pesetas, por lo que el cociente entre ambas magnitudes es prácticamente la unidad, en concreto 1,0064. De este modo, queda comprobada la homogeneidad de grado uno de la función de costes estimada.

6.4.2. Análisis de los parámetros de segundo orden.

Confirmada la intuición de que procedía estimar un modelo de largo al comparar los parámetros de primer orden de ambos modelos, el resto del capítulo se centra en extraer resultados y conclusiones del modelo de largo plazo.

En el *cuadro 6.4* se recogen en la diagonal la pendiente del coste marginal del producto correspondiente y fuera de la diagonal las relaciones de complementariedad entre productos que se derivan de la estimación efectuada (parámetros δ_{ij}). A la luz de estos resultados parecen no existir

complementariedades de costes entre los tres productos, aunque la no significatividad de los parámetros salvo para el cruce contenedores rodante aconseja ser prudente en la valoración de estos resultados.

Cuadro 6.4. Complementariedad entre productos.

	Contenedores	Mercancía General	Rodantes
Contenedores	(*)-0,068971	(*) 0,408093	4,57755
Mercancía general		(*) -0,518286	(*) 1,15946
Rodantes			-40,9608

(*) no significativo

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en el *cuadro 6.5* se resumen los resultados de la estimación obtenidos para los parámetros de cruce de productos y precios de los factores, ρ_{ij} .

Cuadro 6.5. Factores normales o regresivos.

	Contenedores	Mercancía General	Rodantes
Precio personal laboral común	9,95E-03	0,037099	0,037754
Precio personal laboral especial	0,02	0,078918	
Precio personal no portuario	2,62E-04	4,48E-04	7,67E-04
Precio consumos intermedios	5,818	8,45203	20,5144
Precio superficie	180,843	(*)-109,421	(*)-583,417
Precio capital	7785,87	18048,7	(*)-4811,55

(*) no significativo

Fuente: Elaboración propia

Todos los parámetros de cruce de productos y precios de los factores, ρ_{ij} presentan signo positivo como corresponde a los factores productivos normales salvo los únicos no significativos, que son tres: cruces de mercancía general y rodante con el precio de la superficie y, el cruce de los rodantes con el precio del capital. Aunque son no significativos, estos signos pueden estar indicando, por lo que se

refiere a la superficie, que es un factor que se decide atendiendo al volumen de movimientos del producto contenedor y no de la mercancía general y los rodantes; y por lo que respecta al resto del capital, que los rodantes requieren menos maquinaria que los otros dos productos (piénsese, por ejemplo, que no precisan la utilización de las grúas).

En el *cuadro 6.6* se presentan los resultados de la estimación obtenidos para los parámetros de cruce entre precios de los factores, γ_{ij} . En la diagonal está la variación de la demanda derivada del factor con respecto a su propio precio. Como debe ser, todas presentan signo negativo. Fuera de la diagonal los parámetros indican la relación de sustitución o complementariedad entre los factores correspondientes.

Cuadro 6.6. Factores sustitutivos o complementarios.

	PLC	PLE	PNPH	PI	PCANON	PK
Precio personal laboral común (PLC)	-7,20E-06	-2,11E-05	1,90E-07	9,25E-03	(*) -0,30745	6,33105
Precio personal laboral especial (PLE)		-2,33E-05	(*) 1,69E-07	0,02895	(*) 0,788301	(*) -8,6808
Precio personal no portuario (PNP)			-5,59E-09	(*) 4,67E-05	-0,04585	0,231914
Precio consumos intermedios (PI)				-15,0668	901,258	(*) 2696,68
Precio superficie (PCANON)					(*) -10391,1	(*) -209552
Precio capital (PK)						(*) -1,33E+06

(*) no significativo

Fuente: Elaboración propia

Un signo positivo en el parámetro estimado indica sustituibilidad entre los dos factores implicados, mientras que un signo negativo indica complementariedad. Como principales resultados, se detectan dos hechos. Primero, cierto grado de sustituibilidad entre los trabajadores no portuarios y los portuarios bien sean personal en relación laboral común o en relación laboral especial, aunque sólo es estadísticamente significativo en el caso del personal en relación laboral común. Por otra parte, entre los dos tipos de trabajo portuario existe complementariedad. Este resultado es estadísticamente significativo y esperado, debido a que las manos (cuadrillas de trabajadores) habitualmente están compuestas por los dos tipos de trabajadores¹².

El resto de los signos indica:

- Sustituibilidad entre los consumos intermedios y todos los tipos de personal, aunque es no significativo en el caso del personal no portuario.
- Complementariedad entre superficie y el personal fijo de empresa (no portuario y en relación laboral común) y sustituibilidad cuando se trata del personal en relación laboral especial; aunque sólo es estadísticamente significativo en el caso del personal no portuario.

¹² Véase capítulo 3.

- Justo lo contrario ocurre cuando se analiza la relación entre el personal y el capital: sustituibilidad con el personal fijo de empresa y complementariedad con el personal en relación laboral especial. La única que no es estadísticamente significativa es la relación entre el capital y el personal en relación laboral especial.
- Sustituibilidad de los consumos intermedios con la superficie y con el capital, aunque esta última no es estadísticamente significativa.
- Complementariedad entre el factor productivo capital y superficie, aunque no es estadísticamente significativo.

Los parámetros λ_i son una estimación de cómo varía el coste marginal del producto i en el tiempo. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro, donde se observa que ninguno de los parámetros es estadísticamente significativo.

Cuadro 6.7. Variación del coste marginal del producto i en el tiempo.

	PRODUCTOS		
	Contenedores	Mercancía General	Rodantes
TENDENCIA	(*) 0,120936	(*) -0,469081	(*) -0,734985

(*) no significativo

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los parámetros μ_i son una estimación de cómo varía la demanda derivada del factor variable i en el tiempo. Como se observa en el *cuadro 6.8*, los

parámetros estimados señalan que la demanda derivada del factor trabajo disminuye en el tiempo en el caso del personal fijo (tanto en relación laboral común como no portuario) y aumenta en el caso del personal en relación laboral especial, la superficie, resto de capital y consumos intermedios, si bien en estas dos últimas no son estadísticamente significativas. Esto parece indicar la tendencia a sustituir personal fijo por eventual.

Cuadro 6.8. Variación de la demanda derivada del factor i en el tiempo.

	PLC	PLE	PNPH	PI	PCANON	PK
TENDENCIA	-0,015786	9,91E-03	-9,87E-05	(*) 1,24028	196,049	(*) 125,511

(*) no significativo

Fuente: Elaboración propia

Por lo que respecta al parámetro de tendencia en segundo orden, π , indica si la variación del coste señalada por el parámetro de primer orden es creciente o decreciente. Se espera un signo no negativo. Como se pone de manifiesto en el *cuadro 6.1* la variable presenta el signo esperado. Indica que el decrecimiento de los costes se va atenuando en el tiempo, pero no es estadísticamente significativa.

Por último, el parámetro θ indica los efectos individuales específicos de cada empresa. Puede tomar signo positivo o negativo. Como se observa en el *cuadro 6.1*, las *dummies*¹³ de empresa estimadas son ambas negativas y estadísticamente

¹³ También se realizó el test de Wald de significación conjunta de ambas *dummies*. Fue contrastada la hipótesis nula $H_0 = T.1=T.2=0$. Con un valor de $Chisq(2) = 124,37882$ y un $P\text{-value}=0,00000$, se rechaza H_0 .

significativas, indicando que la terminal de referencia presenta un coste más elevado del que presentarían las otras dos en su lugar. Es decir, los valores de las *dummies* reflejan que existen circunstancias específicas de las empresas que suponen algunas diferencias entre las mismas en término medio.

6.5. Cálculos a partir de los parámetros estimados.

A partir de los parámetros estimados se pueden calcular algunos de los conceptos de coste relevantes que se presentaron en el capítulo 2. En concreto se calculan los siguientes:

6.5.1. Costes marginales por empresa.

Utilizando la expresión del coste marginal que se presentó en la sección 6.2.2 se procede a calcular los costes marginales por empresa. Se utiliza el comando *Analyz* del paquete estadístico TSP 43 para determinar la significatividad estadística de los cálculos efectuados. Los resultados obtenidos se presentan en el *cuadro 6.9* de la siguiente página.

Analizando los costes marginales calculados para cada terminal en la media de la muestra a partir de los parámetros estimados 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 6.9. Costes marginales por empresa en la media (pesetas/tonelada).

Productos	Empresa	Estimación	Estadístico t
Contenedores	T.1.	743,866	28,0492
	T.2.	735,383	28,0671
	T.3.	757,006	28,973
Mercancía General	T.1.	1993,92	13,9901
	T.2.	1914,77	13,9592
	T.3.	2031,77	14,3834
Rodantes	T.1.	1116,78	3,08949
	T.2.	1017,11	2,85289
	T.3.	1053,38	2,90642

Fuente: Elaboración propia

Para expresar los costes marginales de contenedores por empresa en unidades en lugar de en toneladas, de nuevo se utilizan los pesos medios de la muestra que son por empresa los siguientes: T.1 = 10,21 ton/unidad, T.2= 11,47 ton/unidad y T.3 = 11,13 ton/unidad. Por tanto, 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.

6.5.2. Elasticidad de coste y economías de escala.

La elasticidad coste-producto viene dada por la siguiente expresión:

$$E_{y_i} = \frac{\partial C}{\partial y_i} * \frac{y_i}{C} = Cmg_i * \frac{y_i}{C} \quad (6.7)$$

donde:

E_{y_i} = Elasticidad de coste del producto i

Y_i = Nivel de producción del producto i

C = Coste total de producción

Cmg_i = Coste marginal del producto i.

Es decir, representa la variación porcentual en los costes cuando varía (porcentualmente) un producto. A partir de las elasticidades coste producto puede calcularse el grado de economías de escala, S , que está dado por la expresión,

$$S = \frac{1}{\sum_i^m E_{y_i}} \quad (6.8)$$

Por su parte, las economías de escala específicas al producto y_i , S_{y_i} , son el cociente entre el coste incremental medio y el coste marginal del producto i, es decir:

$$S_i = \frac{CIME_i}{Cmg_i} \quad (6.9)$$

Utilizando los parámetros estimados se calculan los conceptos de coste que se acaban de definir utilizando el comando *Analyz* del paquete estadístico TSP. Los resultados se resumen en el *cuadro 6.10*.

Cuadro 6.10. Elasticidades coste producto y economías de escala globales y específicas estimadas en la media.

Elasticidad	Estimación	Estadístico t
Contenedores	0,467477	28,0616
Mercancía General	0,117312	14,1668
Rodantes	0,023423	2,95927
Economías de Escala		
Globales	1,64416	33,1761
Contenedores	1,00548	254,796
Mercancía General	1,00147	251,868
Rodantes	1,08108	32,302

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el *cuadro 6.10*, todos son estadísticamente significativos. 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.

Los resultados por empresa se recogen en el *cuadro 6.11*, donde se observa que la empresa T.3 presenta unas economías de escala globales menores que las otras

dos, que presentan valores similares. Se recordará que esta es la terminal más grande y de mayor producción, según se vio en el capítulo anterior, lo que se observa, entonces, es un agotamiento de las economías de escala.

Cuadro 6.11. Elasticidades coste producto y economías de escala globales por terminal en la media.

	Elasticidad coste producto			Economías de escala globales
	Contenedores	Mercancía General	Rodantes	
MEDIA	0,4675	0,1173	0,0234	1,6443
T.1	0,4195	0,0119	0,0116	2,2577
T.2	0,2611	0,2007	0,0086	2,1259
T.3	0,7823	0,0954	0,0525	1,0752

Fuente: Elaboración propia

6.5.3 Economías de diversidad

Por último, como también se vio en el capítulo 2, las economías de diversidad entre un subconjunto T y su complementario N-T responden a la expresión:

$$ED_T(Y) = \frac{1}{C(Y)} [C(Y_T) + C(Y_{N-T}) - C(Y)] \quad (6.10)$$

y permiten analizar la conveniencia de especializar la producción o, por el contrario, producir conjuntamente el vector de productos. Recuérdese que un valor mayor que cero en la expresión anterior indicaría la existencia de economías

de diversidad entre los dos subconjuntos de productos definidos (T y N-T) señalando, por tanto, la inconveniencia de producir ambos subconjuntos en diferentes empresas.

Partiendo de los parámetros estimados, se han analizado todas las particiones ortogonales relevantes del vector de productos, es decir, las cuatro posibilidades que se definen a continuación.

ED1 = Compara el coste de producción por una única empresa de todos los productos en la media [$C(\text{contt}, \text{mg}, \text{rodt})$] con el que existiría si la producción se efectuara por tres empresas especializadas cada una en uno de los productos [$C(\text{contt}, 0, 0)$ $C(0, \text{mg}, 0)$ $C(0, 0, \text{rodt})$]

ED2 = Compara el coste de producción por una única empresa de todos los productos en la media [$C(\text{contt}, \text{mg}, \text{rodt})$] con el que existiría si la producción se efectuara por dos empresas: una especializada en contenedores [$C(\text{contt}, 0, 0)$] y la otra produciendo mercancía general y rodantes [$C(0, \text{mg}, \text{rodt})$]

ED3 = Compara el coste de producción por una única empresa de todos los productos en la media [$C(\text{contt}, \text{mg}, \text{rodt})$] con el que existiría si la producción se efectuara por dos empresas: una especializada en mercancía general [$C(0, \text{mg}, 0)$] y la otra produciendo contenedores y rodantes [$C(\text{contt}, 0, \text{rodt})$]

ED4 = Compara el coste de producción por una única empresa de todos los productos en la media [$C(\text{contt}, \text{mg}, \text{rodt})$] con el que existiría si la producción se efectuara por dos empresas: una especializada en rodante [$C(0,0,\text{rodt})$] y la otra produciendo mercancía general y rodantes [$C(\text{contt}, \text{mg}, 0)$]

De nuevo, utilizando el comando *Analyz* del paquete econométrico TSP, y a partir de los parámetros estimados por ambos modelos, se obtienen las economías de diversidad definidas. Los resultados de las estimaciones y su significatividad estadística se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.12. Economías de diversidad estimadas

Parámetro	Estimación	Estadístico t
ED1	0,781896	21,2003
ED2	0,387299	20,9536
ED3	0,393162	21,3736
ED4	0,38859	20,8319

Fuente: Elaboración propia

Como se observa todas las estimaciones de ED están en el rango teóricamente establecido (-1,1) y son todas significativas. La presencia de diversos 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 establecida en el capítulo 2.

De los resultados anteriores 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%.

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 (ED2, ED3 y ED4) 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 (véase *Jara Díaz et al., 2002*), y estos son muy pequeños con respecto a los de primer orden en la estimación obtenida.

6.5.4. Algunas consideraciones sobre la subaditividad de la función de costes estimada.

En la estimación de la función de costes de las terminales de contenedores del Puerto de La Luz y de Las Palmas se ha constatado la existencia de economías de

escala y de diversidad. Sin embargo, esto no es suficiente para la subaditividad. Ambos conceptos representan medidas “débiles” de los ahorros de costes conseguidos por la combinación y el volumen de producción. La obtención de condiciones suficientes de subaditividad requieren que una de las dos medidas sea “reforzada” (*Baumol, et al, 1982*).

Cómo se vió en el capítulo 2, la demostración empírica de las condiciones económicas suficientes para garantizar que una industria multiproducto es monopolio natural no es un tema simple. La razón es que la teoría de la multiproducción sugiere que es necesario contar con información global acerca de la función de costes, para determinar la presencia de un monopolio natural (*Baumol et al., 1982*). Es decir, la subaditividad es un concepto global, no local.

Baumol, et al., (1982), derivan separadamente condiciones necesarias y suficientes que requieren menos información que la derivación conjunta de condiciones necesarias y suficientes para la subaditividad. Estos autores proponen contrastar separadamente las condiciones necesarias y las condiciones suficientes para la subaditividad¹⁴. Desafortunadamente, incluso este procedimiento restrictivo para contrastar la subaditividad requiere más información de la que usualmente está disponible en la mayoría de los casos.

¹⁴ De este modo, si la condición necesaria es rechazada lo es también la subaditividad; y si la condición suficiente es aceptada se acepta la subaditividad.

Los test propuestos requieren observaciones de los costes de producción por separado de cada elemento del vector de productos considerado, además de observaciones de costes de producción de todos los posibles vectores de productos conteniendo cantidades positivas de todos los productos menos uno cuya cantidad es cero.

Los datos con los que se cuenta para realizar este estudio no permiten ir más allá de los cálculos efectuados, por lo que no pueden obtenerse conclusiones respecto a la subaditividad o no de la función de costes estimada.

6.6. Resumen y conclusiones.

En el presente capítulo se presentan de forma sistemática los resultados de la estimación del sistema de ecuaciones a largo plazo propuesto en el capítulo anterior, con el objetivo de analizar los costes de la actividad multiproductiva, que desempeñan las terminales de contenedores del Puerto de La Luz y de las Palmas.

A pesar de contar con datos mensuales, la estimación de un modelo de largo plazo es sensata pues las terminales pueden, y de hecho ajustan, todos los factores productivos, como lo sugieren las relaciones estadísticas y gráficas entre producción y posibles factores fijos. La verosimilitud de la estimación del modelo de largo plazo se confirma al comparar las estimaciones de los costes marginales

por productos y las demandas derivadas por factores, obtenidas con aquellas que se derivan del modelo de corto plazo.

Bajo el supuesto de que las empresas presentan un comportamiento optimizador, que se traduce en la minimización de los costes de producción, y con el propósito de valorar la bondad de la estimación y facilitar la interpretación de los parámetros obtenidos en la estimación, se procedió a presentar las relaciones de estática comparativa que se derivan del mencionado comportamiento optimizador y que se traducen en determinados resultados contrastables.

La forma funcional utilizada para la función de costes totales a largo plazo es la cuadrática, pues permite obtener estimaciones en el punto de aproximación de los costes marginales, además de comportarse bien en el cálculo de las economías de diversidad, uno de los principales objetivos de este trabajo. La estimación de la función de costes se realizó conjuntamente con las ecuaciones de demanda de factores productivos, obtenidas por aplicación del Lema de Shephard, utilizando la técnica iterativa modificada de Zellner. La estimación se efectuó con el paquete estadístico TSP 43A.

Obviamente, los resultados obtenidos son locales y están referidos al punto de aproximación utilizado, la media de las observaciones. Los parámetros estimados de coste marginal por productos son sensatos tanto por el orden relativo de los costes marginales como por los niveles que alcanzan. El producto que presenta

menor coste marginal por tonelada es el contenedor, seguido de cerca por los rodantes (1,4 veces el coste del contenedor) y, a una distancia mayor, la mercancía general (más del doble que el contenedor, en concreto 2,65 veces). Si bien esto refleja en buena forma las características de los productos y de su manipulación, se compararon los resultados con datos fidedignos como las tarifas máximas por tipo de producto y con índices cualitativos de rendimiento agregado para cada terminal. Aunque ambos indicadores parecen apoyar la idea de que los costes marginales por productos son sensatos, esfuerzos futuros en la obtención de información que permita calcular las productividades reales por producto serían clarificadores al respecto.

Con los parámetros estimados se calcularon varios conceptos de coste. Las economías de escala específicas por productos estimadas son constantes para los contenedores y la mercancía general y ligeramente crecientes para los rodantes. 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 otra parte, las economías de escala por empresa muestran que la más grande ha agotado sus rendimientos a escala y que las dos menores deberían incrementar su producción. Por último, el cálculo de economías de diversidad para varias particiones ortogonales del vector de productos, permite concluir que no es conveniente la especialización, pues en todos los casos las economías de

diversidad estudiadas indican ahorros derivados de la producción conjunta que desaconsejan todas las posibles particiones analizadas.

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 trabajo. 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.