



*Issue 31 • Spring 2015*

ISSN: 1695-7253

E-ISSN: 2340-2717

**ARTICLES:**

- 7 González-Laxe, F., Freire, M. J., Pais, C.**  
*Connectivity in Mediterranean Spanish Ports*
- 35 Leal, A., López, J.**  
*A study of the determinants of budgetary deviations of the Autonomous Communities in the period 2003-2012*
- 59 Jiménez, M., Ruiz, J., Peña, A. R.**  
*Analysis of Andalusian rural areas and their tourism, from a point of view of geographic proximity to Andalusian urban centers*
- 75 Hierro, L. A., Atienza, P.**  
*The stabilization effect of the regional financing in Spain*
- 101 Bojórquez, A. L., Manzano, M. E., Uc, L. J.**  
*The analysis of the relationship between the administrative capacity and the transparency in the local governments in Mexico*

**METHODOLOGICAL  
AND RESEARCH NOTES:**

- 121 Brida, J. G., Garrido, N., Matesanz, D.**  
*Hierarchical analysis of the evolution of the economic dynamics of Spanish regions during the period 1955-2009*
- 143 Gómez-Lobo, A., Jiménez, J. L., Perdiguero, J.**  
*The entry of a hard discount supermarket: price effects*

**SURVEYS AND DEBATES:**

- 157 Ruiz-Villaverde, A., González-Gómez, F., Picazo-Tadeo, A. J.**  
*The privatisation of urban water services: theory and empirical evidence in the case of Spain*

**EUROPEAN REGIONAL POLICY:**

- 177 Cardenete, M. A., Delgado, M. C.**  
*Analysis of the impact of the European Funds 2007-2013 in Andalusia using a computable general equilibrium model*

**BOOKS REVIEWS:**

- 201** *Geografía de la crisis económica en España*  
by **J. I. Plaza Gutiérrez**

**BOOKS NEWS:**

**207**

**OBITUARY:**

- 211** *Mucho debemos a José Luis de Urquijo y de la Puente,*  
by **Juan Velarde Fuertes**

**ARTÍCULOS:**

- 7 González-Laxe, F., Freire, M. J., Pais, C.**  
*La conectividad de los puertos españoles del Mediterráneo*
- 35 Leal, A., López, J.**  
*Un estudio de los factores determinantes de las desviaciones presupuestarias de las Comunidades Autónomas en el periodo 2003-2012*
- 59 Jiménez, M., Ruiz, J., Peña, A. R.**  
*Análisis de las zonas rurales andaluzas y su turismo, desde una óptica de proximidad geográfica a los núcleos urbanos andaluces*
- 75 Hierro, L. A., Atienza, P.**  
*El efecto estabilizador de la financiación autonómica*
- 101 Bojórquez, A. L., Manzano, M. E., Uc, L. J.**  
*Análisis de la relación entre la capacidad administrativa y la transparencia en gobiernos locales en México*

**NOTAS METODOLÓGICAS  
Y DE INVESTIGACIÓN:**

- 121 Brida, J. G., Garrido, N., Matesanz, D.**  
*Análisis jerárquico de la dinámica económica de las comunidades españolas en el periodo 1955-2009*
- 143 Gómez-Lobo, A., Jiménez, J. L., Perdiguero, J.**  
*The entry of a hard discount supermarket: price effects*

**PANORAMA Y DEBATES:**

- 157 Ruiz-Villaverde, A., González-Gómez, F., Picazo-Tadeo, A. J.**  
*The privatisation of urban water services: theory and empirical evidence in the case of Spain*

**POLÍTICA REGIONAL EUROPEA:**

- 177 Cardenete, M. A., Delgado, M. C.**  
*Análisis del impacto de los Fondos Europeos 2007-2013 en Andalucía a través de un modelo de equilibrio general aplicado*

**RESEÑA DE LIBROS:**

- 201** *Geografía de la crisis económica en España,*  
por **J. I. Plaza Gutiérrez**

**NOTICIAS DE LIBROS  
Y OTRAS PUBLICACIONES:**

**207**

**NOTA IN MEMORIAM:**

- 211** *Mucho debemos a José Luis de Urquijo y de la Puente,*  
por **Juan Velarde Fuertes**

## **ARTÍCULOS**

## La conectividad de los puertos españoles del Mediterráneo

Fernando González-Laxe\*, María Jesús Freire\*, Carlos Pais Montes\*

**RESUMEN:** Los efectos de la crisis mundial y la emergencia de nuevas rutas marítimas provocan cambios sustanciales en lo que concierne a la polarización de las zonas económicas y logísticas. Se alteran los tradicionales parámetros de atracción y las perspectivas de los puertos quedan determinadas por nuevos criterios de conectividad interna y externa que delimitan una nueva jerarquía portuaria internacional.

Esta investigación propone una medición de la influencia de los puertos españoles del Mediterráneo en lo que se refiere a la conectividad externa (*foreland*). Esta medición será desarrollada destacando las distintas especializaciones y conexiones inter-portuarias.

**Clasificación JEL:** H54; L90; L97; R40; R49.

**Palabras clave:** transporte marítimo; puertos; competitividad; selección y conectividad.

### Connectivity in Mediterranean Spanish Ports

**ABSTRACT:** The effects of current world crisis, together with emerging new maritime routes bring about significant changes in terms of polarization of economic and logistic areas. Traditional parameters defining port attractiveness are changing. New criteria around internal and external port connectivity determine its prospects, giving rise to a new international port hierarchy.

This research proposes a measure of the Spanish Mediterranean ports influence in terms of external connectivity (*foreland*). The measure will be explained /laid out highlighting distinct inter-port specializations and connectivity.

**JEL Classification:** H54; L90; L97; R40; R49.

**Keywords:** shipping; ports; competitiveness; selection and connectivity.

---

\* Instituto Universitario de Estudios Marítimos. Universidade da Coruña.

Para contacto: Fernando González-Laxe, catedrático de Economía Aplicada, Universidad de A Coruña. Correo electrónico: [laxe@udc.es](mailto:laxe@udc.es).

Recibido: 14 de febrero de 2014 / Aceptado: 4 de febrero de 2015.

## 1. Introducción

El análisis cuantitativo y cualitativo de grandes conjuntos de datos geoposicionados de la flota mercante, es un desarrollo relativamente reciente (Frémont, 2007; Ducruet *et al.*, 2010; Hall y Jacobs, 2010; Kaluza *et al.*, 2010; Ducruet & Notteboom, 2012a, b; González-Laxe *et al.*, 2012). No obstante, está siendo utilizado, cada vez más, para determinar la estructura de las redes complejas del transporte, las rutas óptimas y más eficientes para las compañías navieras, y para poder calcular la conectividad y los niveles de atracción de los puertos.

Sin duda alguna, los problemas derivados del diseño de redes del transporte marítimo y la localización óptima de los *hubs* tienen una altísima influencia en los campos de la logística y, sobre todo, en los planteamientos estratégicos y geo-económicos de los entornos y ciudades portuarias (Gelareh y Pisinger, 2011; Gelareh y Nickel, 2011).

La industria, en un mundo globalizado como el actual, requiere acceder a más mercados. Para conseguirlo en el menor tiempo posible, con la mayor seguridad y de la manera más competitiva, precisa de modos de transporte cada vez más eficientes. Los desarrollos del transporte marítimo evolucionan muy rápidamente y cada vez están más vinculados a la distribución y a la concentración de cargas (Cullinane y Khanna, 1999). En este sentido, los parámetros relativos al acceso al transporte y a la logística se convierten en elementos claves para garantizar una mejor competitividad a nivel internacional.

Los puertos, en consecuencia, desempeñan un papel estratégico en estas dinámicas. Son facilitadores de la distribución en las cadenas globales de transporte, sustituyendo aquellas obsoletas concepciones que los definían como «meros intercambiadores» o «simples puntos de transferencia aislados», como lo había explicado Bird (1971). En la actualidad, los puertos se encaminan hacia la conformación de centros regionales de carga, integrados en corredores de transporte y formando redes donde se articulan y fluyen las cargas transportadas y movilizadas por los servicios de líneas marítimas (Notteboom y Rodrigue, 2005).

Es evidente que la selección y la jerarquía portuaria adquieren una mayor importancia, al mismo tiempo que resultan básicos los análisis concernientes a la coordinación de los flujos y la obtención de economías de escala.

Nuestro trabajo se centra en analizar los distintos vectores de la conectividad interna y externa de los puertos españoles situados en el Mediterráneo con respecto a la carga general, para las fechas de ejercicio 2009-2012. Se escoge, por tanto, un subconjunto de puertos españoles homogéneo y representativo a nivel global, tanto desde el punto de vista del entorno geoeconómico de influencia (claramente distinto en el caso de los puertos del Norte), como respecto al tipo de operaciones que realizan las terminales allí ubicadas (con predominancia de graneles sólidos y líquidos en el caso sur-atlántico).

Se examinan, en primer término, los índices de inserción externa de los puertos en función de los parámetros relativos a sus características técnicas y a su capaci-

dad de carga. A continuación, se evalúa la conectividad desde la perspectiva de los movimientos de buques y sus escalas en el conjunto del planeta (análisis del grado, centralidad y *foreland* de proximidad). De esta forma, se dispone de un análisis muy amplio y denso de su operativa y, en consecuencia, de su inserción en las cadenas globales de suministro.

Las conclusiones de este tipo de análisis son muy valiosas para las industrias demandantes de un servicio de transporte; para los agentes económicos que necesitan conocer con exactitud desde qué lugar es preferible intercambiar sus productos; y para los decisores públicos, pues en base a estos posicionamientos se pueden reorientar las estrategias políticas de los puertos y de sus corredores de transporte.

El artículo está estructurado en seis partes: en primer lugar, se realiza una introducción a la materia de estudio; en segundo lugar, se exponen los principales antecedentes teóricos que han permitido enfocar correctamente el problema desde un punto de vista económico; en tercer lugar, se explica la metodología seguida; en cuarto lugar, se presentan los resultados, diferenciando entre resultados descriptivos y resultados analíticos; por último, se presentan las conclusiones más relevantes del estudio.

## **2. Antecedentes**

Para analizar la conectividad resulta obligatorio reflejar la relación entre transporte, economía y geografía, estableciendo los nuevos conceptos económicos derivados de los flujos, de los nodos y de las redes.

Entendemos el transporte como un servicio, que tiene como objetivo tanto movilizar como trasladar bienes o personas de un lugar a otro, eliminando los posibles estreñimientos físicos derivados de la geografía y pudiendo otorgar un mayor valor agregado a los propios servicios o bienes, haciendo posible, en consecuencia, lograr definir las oportunidades existentes entre dos, o más puntos, distantes entre sí (Rodríguez, 2010).

Por tanto, los servicios de transporte permiten visualizar dos conceptos, el de la conectividad y el de la accesibilidad. En primer lugar, la conectividad entendida como la capacidad de acceso a servicios de transporte marítimo que tiene un puerto (Hoffmann, 2005) o como el número e influencia de las conexiones directas que un puerto establece con su área de influencia (González-Laxe *et al.*, 2012), lo que implica que a mayor conectividad, mayor competitividad (Yeo *et al.*, 2008).

En segundo lugar, se define la accesibilidad como la expresión de movilidad del transporte o de la capacidad de una zona de ser alcanzada por una o varias áreas geográficas en las que también participan factores económicos, sociales y de oportunidad de mercado o ventajas competitivas (Salgado y Cea, 2012).

Los modelos teóricos utilizados en la literatura académica se basan en establecer la relación entre las características de los puertos y sus conectividades (Freire-Seoane y González-Laxe, 2009). Los trabajos sobre la conectividad externa de los puertos

están basados en los estudios seminales elaborados, desde 2004, por la UNCTAD (Hoffmann, 2005). Su Linner Shipping Connectivity Index (LCSI) incluye seis factores que permiten medir la conectividad: *a*) el número de buques portacontenedores que proveen servicios directos y que recalán en el puerto; *b*) la capacidad total en TEUs de dichas naves; *c*) el tamaño medio de los buques medido en TEUs; *d*) el tamaño máximo del buque que recalca en el puerto; *e*) el número de compañías navieras con presencia en el puerto; y *f*) el número de buques portacontenedores utilizados por las compañías navieras que recalán en el puerto. En base a estos parámetros se construye un índice que asume valores situados entre 0 (mínima conectividad) y 1 (máxima conectividad).

Salgado y Cea (2012) amplían a nueve estos factores de conectividad/accesibilidad y los clasifican en torno a tres grupos. Las variables son: *a*) el número de puertos intermediarios situados entre dos nodos cualquiera; *b*) el número de países que conectan los puertos; *c*) el número de servicios de líneas que operan en cada puerto; *d*) el número de líneas navieras que operan; *e*) la capacidad total en TEUs del puerto; *f*) el número de buques que recalán; *g*) el tamaño medio de los buques; *h*) el tamaño máximo de los buques; e *i*) el buque promedio por cada compañía marítima. El agrupamiento de los índices se efectúa bajo el criterio de asociar, en el primer grupo, las características de los buques (tamaño medio, tamaño máximo y buque promedio por cada compañía marítima). En un segundo grupo, se alinean los índices que incluyen el número de líneas y de navieras; o sea, magnitudes absolutas referenciadas a las empresas. El tercer grupo, promedia los restantes índices, es decir, el número de puertos y países que se conectan y los buques que recalán y su capacidad de carga.

No obstante, otros autores estudian la conectividad desde el punto de vista de las rutas reales que los buques realizan a lo largo de un periodo, fijándose en las escalas anteriores y posteriores a un puerto dado (Kaluza, *et al.*, 2010; Ducruet *et al.*, 2010; Freire-Seoane *et al.*, 2013). Para ello, las técnicas modernas de análisis de redes complejas (redes no aleatorias de acuerdo a Boccaletti *et al.*, 2006) facilitan no sólo una estimación precisa de la importancia local y global de un determinado nodo en términos de conectividad (González *et al.*, 2008) sino que también permiten realizar una clara y precisa representación visual de las relaciones económicas resultantes (Ducruet y Zaidi, 2012), incluyendo el análisis del *foreland* tal y como se mostrará en este artículo. Son, en definitiva, buenos complementos al análisis estadístico convencional y proporcionan información nueva relativa al puerto (nodo) analizado y las relaciones (vínculos) que éste establece con los otros nodos de la red.

Al profundizar en las dinámicas conectividad/accesibilidad se distingue entre las externas, definidas por el *foreland*; y las internas, establecidas por el *hinterland*. De una parte, el *foreland* acentúa los parámetros relacionados con las compañías marítimas, países que se conectan, alianzas compañías-suministradores y conexiones entre puertos; y en lo que respecta al *hinterland*, los vínculos vendrán determinados por los centros de producción, los accesos portuarios, las infraestructuras, las capacidades de carga, los flujos, los centros de distribución y las zonas extra-portuarias. Dicho de otro modo, la conectividad externa está determinada por las dinámicas globales

del transporte marítimo; en tanto que la conectividad interna depende de los flujos comerciales con otras zonas y de las propias actividades logísticas y empresariales.

Si bien ambas componentes resultan básicas e imprescindibles para catalogar la *performance* de los puertos y de las fachadas marítimas-portuarias, no es menos cierto que existe un tercer elemento básico y crucial: el relativo al atractivo comercial de un puerto (González-Laxe, 2011). Existen muchos criterios para determinar este parámetro, que oscilan desde la oferta de infraestructuras y servicios; a la fiabilidad, el tiempo y coste de las operaciones efectuadas, factores relacionados con la ubicación y las conexiones con otras áreas económicas. En este sentido, se subrayan dos grandes escuelas en lo tocante a los estudios portuarios. Aquellas que apuntan a los criterios de selección de los puertos y las que señalan los niveles de eficiencia de los puertos. Para las primeras, sobre los criterios de selección, Yeo *et al.*, (2008) identifican hasta 38 factores que inciden en la competitividad de los puertos.

Para las correspondientes a los niveles de eficiencia se contabilizan los siguientes parámetros (Petit y Beresford, 2007): enlaces terrestres (infraestructura del transporte), enlaces marítimos (servicios de fletes y de *feeders*), infraestructura de transporte, superestructura portuaria, eficiencia en las operaciones, servicios de valor añadido, navegación, apoyo gubernamental, potencial de desarrollo, servicios financieros, servicios de información de sistemas, riesgos (retraso, congestión, daño, pérdida de mercancía), destreza y seguridad, costes (precios del flete, tarifas portuarias, costes totales), logística, localización geográfica e infraestructuras portuarias (navegación, atraque, amarre).

Otros autores se han centrado en analizar la eficiencia en base a las reformas de los puertos y a la propiedad de los mismos (Barros y Athanassiou, 2004); otra escuela distinta enfatiza la adopción como base de la dimensión portuaria, la capacidad de *transshipment*, las inversiones y los *hub-ports* (Notteboom *et al.*, 2000); y unos terceros miden la eficiencia y el tiempo (Cullinane *et al.*, 2004). Más sencillos son los análisis basados en el comportamiento de los movimientos de cargas y del desempeño portuario (Song y Yeo, 2004; Trujillo y Tovar, 2007; Park y De, 2004).

Existe un amplio acuerdo en que la eficiencia de un puerto es una realidad multivariable, lo que permite utilizar distintos indicadores de desempeño y de eficiencia operativa, por lo que existen trabajos relacionados con la localización del puerto (Song y Yeo, 2004), sobre la importancia de la región donde está ubicado (Medal-Bartual y Sala-Garrido, 2011), sobre el papel de las infraestructuras (Liu, 1995), sobre la capacidad de los muelles (Park y De, 2004), sobre la eficiencia relativa de los *hinterlands* (Merk, 2013), sobre la accesibilidad (Wiegmans, 2003), y sobre la conexión con las redes logísticas (Tongzon y Heng, 2005), por citar algunos análisis muy sobresalientes.

Caldeirinha y Felicio (2011) proponen una caracterización de los puertos europeos en base a cuatro factores fundamentales: a) los puertos localizados en regiones con mayores niveles de desarrollo poseen una mejor eficiencia; b) la mayor dimensión de los puertos influye en la eficiencia operacional y financiera; c) los puertos con mejores infraestructuras inciden en la mejora de la eficiencia con rendimientos cons-



tantes; *d*) los puertos más especializados y con mejores servicios poseen un mayor nivel de eficiencia. En suma, los puertos son nodos centrales de una red y desarrollan conectividades con los restantes nodos de las mismas. Por eso, en los puertos resulta obligatorio proceder a identificar los efectos de los *forelands* y de los *hinterlands*. Los puertos que brindan mayores oportunidades a los exportadores de poder acceder a las cadenas logísticas serán, en conclusión, aquellos que posean las mejores condiciones de accesibilidad marítima.

### 3. Metodología

Para el presente trabajo se proponen aproximaciones a la competitividad y la conectividad de los puertos españoles del Mediterráneo, basadas en dos perspectivas metodológicas diferentes: una primera, descriptiva, en la que se investigan las características técnicas y volumétricas de los puertos y de la flota que atracan en ellos, los movimientos anuales de carga general y contenerizada, su capacidad máxima estimada y los ratios de inserción exterior; y una segunda, analítica, que presenta los parámetros de red calculados para el conjunto formado por los nodos analizados y las relaciones que éstos establecen con los demás elementos de la red (sistema portuario mundial).

La primera aproximación descriptiva supone la reunión de datos procedentes de las memorias anuales publicadas por cada una de las autoridades portuarias, aunque también se acude en algún momento a información procedente del Organismo Público Puertos del Estado.

En la segunda aproximación, basada en las herramientas de la teoría de grafos aplicadas a redes complejas, se utiliza la metodología de cálculo del *foreland* de proximidad establecida por Freire-Seoane *et al.*, (2013). El procedimiento realizado se puede descomponer en tres fases.

En primer lugar, se parte de una base de datos formada por posiciones de atraque y salida de puertos procedente de los emisores Automatic Information System (AIS, en adelante) obligatorios para todos los buques mayores de 300 GTs a partir de 2001 (Harati-Mokhtari *et al.*, 2007). El conjunto de datos utilizado procede del histórico gestionado por el Lloyd's Register of Shipping, medio que ha experimentado a lo largo de la última década una extraordinaria difusión gracias a la posibilidad de acceso telemático a la serie descodificada de emisiones AIS. De este modo, la información precisa sobre el posicionamiento y las características estructurales y jurídicas del buque, se abre más allá del puente de mando y las capitanías marítimas, para entrar en mercados de grandes bases de datos destinados a cargadores, profesionales de la logística, *policy-makers*, medios de información especializados y a investigadores en economía del transporte marítimo (Feixiang, 2011).

En segundo lugar, por medio de un servidor de bases de datos (Berkus, 2007), se construye el conjunto formado por los puertos de atraque, y los vínculos existentes entre sí, lo que da lugar a una estructura de red compleja en la que hay muchos

nodos escasamente conectados, y pocos nodos que concentran una gran cantidad de conexiones (*hubs*). A este tipo de redes aleatorias se les ha denominado redes libres de escala (González-Laxe *et al.*, 2012) y su estudio se ha generalizado a campos científicos tan dispares como la neuroanatomía o las ciencias computacionales.

Por último, una vez obtenida esta estructura de red (cuadro 1), es posible determinar algunos parámetros fundamentales de cada uno de los nodos, como el grado o la centralidad, que constituyen dos indicadores diferentes de la conectividad portuaria. Es preciso definir aquí estos dos conceptos que serán importantes de cara a la interpretación de los resultados analíticos.

**Cuadro 1.** Composición de la muestra global de posiciones AIS

		<i>Portacontenedores</i>	<i>Mercancía General</i>
Buques analizados		2.175	1.991
Nodos obtenidos en la red		861	1.625
Vínculos obtenidos en la red		8.210	27.757
Capacidad de los buques presentes en la muestra**	Máxima	15.550	51.624
	Mínima	450	1.510
	Promedio	4.770	14.076
	Total de la muestra	10.376.331	28.026.908
	Total mundial*	12.142.444	108.881.000
Grado	Máximo	Singapur (251)	Shanghai (471)
	Promedio	Suape (19)	Yokohama (34)
Centralidad	Máximo	Singapur (39.456)	Shanghai (153.339)
	Promedio	Moji (743)	Manzanillo MEX (1.347)

\* UNCTAD (2013).

\*\* TPMs para Mercancía General (Toneladas de Peso Muerto) y TEUs (Twenty-Foot Equivalent Unit) para Portacontenedores, que se corresponden con las medidas de capacidad de carga más usuales para ambas clases de buque.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Lloyd's Shipping Register.

Definiendo el grado de un nodo (Ducruet, 2008) como el número de conexiones directas incidentes en esa posición, en la muestra obtenida se observan conectividades máximas y promedios superiores en los sistemas de mercancía general [carga no contenerizada o *break bulk* (UNCTAD, 2013)] respecto a los de mercancía contenerizada. Este hecho está directamente relacionado con la exclusividad de las rutas de transporte marítimo contenerizado, en contraste con las rutas de mercancía general, más sometidas a regímenes no regulares de transporte (*spot market*) y con una exigencia mucho menor en términos de infraestructuras portuarias de estiba y desestiba.

El concepto de centralidad de un puerto (Rodríguez, 2010), matemáticamente expresada a través del cálculo del número de veces que un nodo intermedia a la ruta

más corta que una dos puntos aleatorios de la red, es otra medida de conectividad portuaria que expresa la importancia regional que tiene un nodo como intermediador de rutas de transporte ejecutadas entre otros dos puertos dados. Es evidente, asimismo, que la centralidad promedio se incrementa más para el transporte de la mercancía general que para el tráfico de contenedores, en la medida que la primera muestra una red mucho más esparcida (más puertos actuando como *hubs*) y una estructura de puertos primarios. Por otra parte, la red de buques contenedores, más ligada a los servicios marítimos regulares, está más concentrada, jerarquizada y con vínculos más estrechos, es decir, una estructura de pocas terminales de contenedores, altamente conectadas en contraste con la diseminada red de puertos de mercancía general (Pais-Montes *et al.*, 2012).

Por último, mediante la programación de un algoritmo de búsqueda ejecutado sobre las redes globales de mercancía general y contenerizada, se fija un puerto determinado (en este caso los puertos españoles del Mediterráneo) y se extrae la sub-red formada por los puertos situados a una distancia mayor que tres nodos del puerto fijado (Freire-Seoane *et al.*, 2013). Esta distancia es lo suficientemente alta como para garantizar que los vínculos importantes serán considerados, pero también lo suficientemente baja para borrar vínculos espurios.

Expresado en términos computacionales, dado un buque  $B_i$  y el periodo de tiempo  $T$ , sea la ruta

$$B_i \rightarrow R_i^T = (p_{i,1}^T, \dots, p_{i,(k_1^i-1)}^T, p_{i,(k_1^i)}^T, \dots, p_{i,(k_{n(i)}^i)}^T, \dots) \in \mathfrak{R}^{m(i)}$$

donde:  $m(i)$  es el número total de puertos de atraque para la ruta en el periodo  $T$ ;  $n(i)$  es el número total de puertos de atraque  $P$  en la ruta  $i$ ; y  $(k_1^i, \dots, k_{n(i)}^i) \in \mathfrak{R}^{n(i)}$  el vector perfil que contiene las posiciones que el puerto  $P$  ocupa a lo largo de la ruta seguida por el buque. Se calcula entonces un nuevo subconjunto  $S$

$$S = \left\{ \left( p_{i,(k_j^i-3)}^T, p_{i,(k_j^i-2)}^T, p_{i,(k_j^i-1)}^T, p_{i,(k_j^i)}^T, p_{i,(k_j^i+1)}^T, p_{i,(k_j^i+2)}^T, p_{i,(k_j^i+3)}^T \right), \forall j \in [1, n(i)], \forall B_i \right\}$$

conteniendo  $\sum_{i=1}^{c^T} n(i)$  sub-rutas cuya longitud es 7 y cuyo centro es precisamente  $P$ , donde  $c^T$  es el número de portacontenedores o buques de mercancía general incluidos en la muestra en el periodo temporal  $T$ .

Por otra parte, los nodos con los vínculos comerciales más cercanos con un puerto dado  $P$  quedan determinados no sólo por sus coordenadas geográficas, sino también por la capacidad máxima de carga que ha arribado a ellos durante el periodo analizado y en cada una de las sub-rutas escogidas. Ello permite determinar una capacidad máxima de carga total (capacidad del *foreland* de proximidad, o simplemente capacidad) calculada sumando la capacidad de todos los buques que atracan en el periodo considerado, en cada una de las posiciones pertenecientes al *foreland* de proximidad  $S$ .