

**José Ignacio Castillo Manzano**  
**Universidad de Sevilla**

**Fernando González Laxe**  
**Universidade da Coruña**

**Lourdes López Valpuesta**  
**Universidad de Sevilla**

*Reference: Received 15th December 2005; Published 1st January 2006.*  
*ISSN 1579-1475*

*Este Working Paper se encuentra recogido en **DOAJ - Directory of Open Access Journals***  
*<http://www.doaj.org/>*

#### RESUMEN:

Los sistemas de organización hub-and-spoke se están imponiendo en el transporte marítimo debido a la tendencia a construir buques portacontenedores cada vez mayores, que sólo se pueden rentabilizar si se minimiza su tiempo de inactividad, para lo cual se debe reducir su número de escalas a los puertos hubs. Pero los sistemas hub-and-spoke se repiten constantemente no sólo en el transporte marítimo, sino también en el aéreo y en el terrestre. Por ello, se hace necesario encontrar fórmulas metodológicas que nos permitan abordar su estudio de forma común. En este paper abordamos uno de esos posibles enfoques comunes desde el análisis econométrico de las series temporales mediante los modelos SVAR (Structural Vector Autorregresions) con restricciones a largo plazo (Long-run Restrictions).

#### ABSTRACT:

Hub-and-spoke organization systems are becoming prevalent in marine transportation due to a trend for building ever larger container carrier ships, which can be made profitable only if their inactivity periods are reduced. To do that the number of stops at hub ports must be reduced. But hub-and-spoke systems appear constantly not only in marine transportation but in air and ground transportation as well. Thus methodologic formulations are needed that allow us to undertake the study of all of them. In this paper we look at one of such shared approaches from the econometric analysis of time series using of SVAR (Structural Vector Autorregresions) models with long-run restrictions.

## 1. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN DEL ANÁLISIS.

El transporte marítimo internacional asiste en la última década a varios procesos simultáneos: crecimiento espectacular de los volúmenes de tráfico y de los flujos comerciales por vía marítima; incremento del tamaño de los buques portacontenedores; una profunda oleada de adquisiciones en el ámbito de las líneas regulares; y un aumento espectacular de las operaciones de transbordo de contenedores en los puertos transshipment. Como consecuencia de estas dinámicas, los nuevos sistemas portuarios reaccionan de manera inmediata proponiendo aquellos tipos de servicios que puedan responder a los elementos que más han crecido y a los que más se demandan. Paralelamente a esta dinámica se advierte una selección y una jerarquía de puertos en la captación de tráficos de mercancías y de servicios portuarios.

La concentración de los tráficos de los transportes marítimos, de las líneas regulares y de los operadores junto a la selección de puertos ha impulsado una mayor tendencia a la fusión de empresas y a la formalización de alianzas estratégicas entre las mismas al objeto de reducir los costes unitarios (lograr economías de escala) y a aumentar los ingresos (alcanzar posiciones y cuotas más dominantes en el mercado). Es la era de las fusiones de los llamados megacarries, que son grandes consorcios de transporte marítimo y con una orientación multimodal.

El dinamismo de la concentración empresarial, plasmado en las fusiones y adquisiciones, se manifiesta en los siguientes datos: los primeros 25 operadores de contenedores cuentan con cerca de 6.000.000 de TEUs, equivalentes el 80% del total mundial; la mayoría de las empresas son asiáticas y la dinámica de los últimos años de esta región mundial se presenta muy activa. Las alianzas han consolidado una alta cuota de mercado (las tres primeras alianzas agrupan al 65% de los TEUs). Actualmente, la mayor parte de las navieras con servicios de líneas regulares forman parte de una o más de las cuatro alianzas globales<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> La estructura de estas cuatro alianzas globales es la siguiente:

- *Grand Alliance* constituida por Hapag Lloyd, Malasia International Shipping Corporation, NYK, Orient Overseas Container Line y P&O Nedlloyd.

Estas grandes alianzas rigen el transporte marítimo internacional y ambicionan también el control de las rutas terrestres mediante políticas activas de desarrollo del transporte intermodal ofertando servicios de transporte “puerta a puerta”. Además, esta concentración ha permitido a las empresas de transporte la posibilidad de consolidar volúmenes de carga, aumentar la frecuencia de los servicios, mejorar el aprovechamiento de los activos mediante el hecho de poder compartir buques, terminales, equipos y contenedores; así como poder emplear la mayor capacidad financiera para adquirir y reponer activos a largo plazo.

Por ello, y si consideramos de forma global el sistema portuario internacional, estamos hablando de un oligopolio. Pero la situación es bien distinta si estudiamos los puertos individualmente considerados, en los que no es infrecuente que las navieras de una de estas macro-alianzas ostenten una cuota superior al 70 por ciento del tráfico de las mercancías contenerizadas, es decir, ejercen una posición de monopolio de facto sobre el resto de la comunidad portuaria<sup>2</sup>. Esta situación se traduce en un importante poder de negociación frente a los organismos de gestión y administración del puerto, incluyendo las Autoridades Portuarias. Además, las grandes navieras son dueñas de las principales terminales portuarias de contenedores, por lo que controlan a la vez la oferta de superestructuras portuarias y la demanda de tráficos de las mismas.

Uno de los objetivos de las fusiones de las grandes navieras es el hacer frente al aumento del tamaño de los portacontenedores, cuya capacidad se ha duplicado en los últimos 20 años. La capacidad media de dichos buques ha aumentado de 955 TEUS en 1980 a 1600 TEUS en 1996 y a cerca de 2000 TEUS en el 2002. Y la actual cartera de pedidos se centra en unidades de más 9.000 TEUS. Ello ha supuesto una racionalidad en el diseño de las rutas y una mejoría de los servicios; acentuando la selectividad de los puertos y la concentración de las cargas en determinadas áreas y rutas. En concreto, en el tráfico internacional de contenedores asiste a una reducción del número de

- 
- *Unique Global Alliance* formada por Maerks Line y Sea Land. Estas dos navieras se han fusionado en la compañía Maerks-Sealand.
  - *New World Alliance* constituida por America President Line, Hyundai Merchant Marine y Mitsui Osaka Line.
  - *United Alliance* formada por Cho Yang, DRS-Senator y Hanjin.

<sup>2</sup> En nuestro análisis, este es el caso del puerto Bahía de Algeciras respecto de la naviera Maerks-Sealand.

escalas; a una disminución del coste derivado de las conexiones y a una polarización de las cargas y descargas de mercancías en un número reducido de puertos.

Se trata de los sistemas hub-and-spoke, en los cuales los puertos hubs consiguen concentrar carga cuyo origen o destino sobrepasa su hinterland o zona de influencia tradicional. Gran parte de las mercancías o “throughoutput” del puerto se obtienen por vía marítima mediante el trasbordo. Para que un puerto alcance un “*Hub Status*” en el tráfico marítimo de contenedores, su tráfico debe ser superior al 1.000.000 de TEUs<sup>3</sup>/año y debe disponer de un equipamiento que le permita dedicar de forma simultánea tres grúas *post-panamax* a un buque de nueva generación. Sólo en los puertos hub atracan los grandes buques portacontenedores y desde los mismos las navieras internacionales transbordan sus contenedores entre sus líneas *round the world* y *feeder*<sup>4</sup>.

Dentro de los puertos hubs se distinguen las dos categorías siguientes: globales y regionales. Los regionales tienen menor dimensión, capacidad de carga y cobertura geográfica que los hubs globales y están situados en las intersecciones de las grades rutas transoceánicas este-oeste con las rutas norte-sur. De todas formas, dados los continuos y profundos cambios que se dan en el transporte marítimo, esta clasificación es bastante dinámica y un puerto hub puede pasar de una categoría a otra en pocos años.

Esta mayor capacidad de carga obliga a modificar el tiempo de espera en los puertos, requiere nuevas infraestructuras portuarias y tecnologías adecuadas; y exige una mayor flexibilidad en las operaciones de carga y descarga. O sea, se ponen a prueba las inversiones efectuadas en instalaciones y equipamientos portuarios. Por ello, se hace necesario encontrar fórmulas metodológicas útiles para la previsión de tráfico y para la planificación de infraestructuras en los sistemas hub-and-spoke.

---

<sup>3</sup> El TEU (twenty equivalent unit) es la unidad standard de medida en el transporte internacional y equivale a un contenedor de 20 pies de largo.

<sup>4</sup> Como es sabido, los buques *feeder* se utilizan para transportar contenedores desde o hasta puertos menores no servidos por los grandes buques de las líneas *round the world*, que sólo hacen escala en las grandes terminales transoceánicas. Al trabajar en puertos pequeños de menor calado, los *feeder* suelen tener una capacidad menor, entre los 500 y 700 TEUs, aunque hay algunos que llegan hasta los 1.500 TEUs. A diferencia de los grandes buques portacontenedores, y en previsión de las limitaciones en equipos móviles que presentan los pequeños puertos en los que operan, estos buques sí poseen medios propios de carga y descarga; normalmente dos grúas dispuestas en crujía o en la banda de babor del buque.

La metodología propuesta en este artículo no limita su aplicación al campo del transporte marítimo sino que puede fácilmente trasladarse a los sistemas hub-and-spoke presentes en el transporte aéreo y en el terrestre. Los sistemas aéreos nacionales se establecen respecto al exterior como sistemas hub-and-spoke de forma que un aeropuerto pequeño apenas posee conexiones con aeropuertos del extranjero o incluso con otros aeropuertos pequeños nacionales, de ahí que deban realizarse vuelos indirectos mediante los aeropuertos hub de la red para poder alcanzar esos otros aeropuertos. Además, se repite de nuevo el sistema de grandes alianzas entre compañías, aunque no se ha alcanzado el grado de concentración del transporte marítimo, entre otras razones por el papel que están jugando las compañías de bajo coste.

También podemos encontrar organizaciones hub-and-spoke en el transporte terrestre, tanto por carretera (con las Zonas de Actividades Logísticas actuando como hubs) como por ferrocarril, con estaciones que facilitan el trasbordo entre líneas.

Aunque en este paper abordamos uno de los posibles enfoques metodológicos aplicables a los sistemas hub-and-spoke (a través de los modelos SVAR con restricciones a largo plazo) existen otras alternativas como los BVAR (Bayesian Vector Autorregresions) o los VEC (Vector Error Correction Models) con restricciones. Todas estas aproximaciones nos permiten introducir a priori la información disponible sobre el sistema hub-and-spoke<sup>5</sup> y compatibilizarla con la información estadística que se desprende de la evolución pasada de los tráficos.

## **2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA.**

En los últimos 20 años hemos asistido a cambios importantes en la modelización econométrica de series temporales, fundamentalmente debido a las debilidades que ofrece la teoría económica a la hora de sustentar complejos modelos de ecuaciones simultáneas. Raros son los casos en que la teoría nos ofrece una especificación dinámica que explique claramente las relaciones entre las variables, con menor frecuencia aún en campos de más reciente desarrollo como la Economía del Transporte. Este hecho ha conducido al empleo de modelos no estructurales para explicar las relaciones entre diferentes variables económicas como los VAR y sus diferentes variantes

---

<sup>5</sup> No es demasiado difícil disponer de información a priori en un sistema hub-and-spoke, aunque sólo sea la estructura de líneas y su importancia comercial medida en función de la cuantía de sus tráficos.

(SVAR, VARMA, BVAR, VEC...). A continuación se recoge la representación autorregresiva de un VAR:

$$y_t = \sum_i A_i y_{t-i} + \sum_j B_j x_{t-j} + e_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B_0 x_t + \dots + B_q x_{t-q} + e_t, \quad \forall i = 1, \dots, p \quad \forall j = 0, \dots, q.$$

Siendo:

$y_t$  = vector de variables endógenas de rango  $k \times 1$ .

$x_t$  = vector de variables exógenas de rango  $d \times 1$ .

$A_i$  = matriz de los coeficientes de las variables endógenas con  $i$  retardos, su rango es  $k \times k$ .

$B_j$  = matriz de los coeficientes de las variables exógenas con  $j$  retardos, su rango es  $d \times k$ .

$e_t$  = vector de innovaciones de dimensión  $k \times 1$ . Estas innovaciones poseen media cero y varianza constante. Además, generalmente estarán correlacionadas entre ellas contemporáneamente pero incorreladas entre diferentes periodos temporales.

Una de las utilidades fundamentales del VAR es el análisis de los mecanismos dinámicos de transmisión de los efectos de cambios en las variables mediante las conocidas funciones de impulso-respuesta. Para facilitar la interpretación de estas funciones, las innovaciones deben estar incorreladas tanto a lo largo del tiempo como contemporáneamente. La incorrelación se consigue aplicando una transformación sobre las innovaciones de la siguiente forma:

$$B u_t = A e_t \quad \text{siendo} \quad u_t = B^{-1} A e_t \sim (0, \Sigma u_t)$$

Siendo  $\Sigma u_t$  una matriz de covarianza diagonal<sup>6</sup>. Para ortogonalizar los impulsos generalmente se ha utilizado la inversa de la factorización de Cholesky de la matriz de covarianza de los residuos. Este sistema presenta importantes limitaciones, ya que los resultados que se obtienen dependen de la ordenación que se haga de las variables, de forma que las respuestas a los impulsos se verán muy afectadas según como ordenemos las variables. La descomposición de Cholesky sólo se debe emplearse cuando el orden de las variables propuesto esta firmemente soportado en unas hipótesis teóricas. Este problema se ha solucionado tradicionalmente ordenando las variables de mayor a

---

<sup>6</sup> Técnicamente hablando la matriz  $P = B^{-1} A$  se normaliza para de forma que  $P \Sigma e_t P' = \Sigma u_t = I$ . Siendo  $I$  la matriz identidad.

menor exogeneidad, para lo cual debemos aplicar los test de causalidad de Granger. Otra solución es acudir a los modelos SVAR, como se explica en el siguiente epígrafe.

### **3. FORMULACIÓN DE RESTRICCIONES A LARGO PLAZO EN UN MODELO SVAR APLICADO A UN SISTEMA HUB-AND-SPOKE.**

Los modelos SVAR se han convertido en una herramienta muy popular de análisis económico en la última década. Entre sus principales utilidades se encuentra el análisis de las fuentes del ciclo económico y el estudio de los mecanismos de transmisión de las políticas monetarias. En la literatura de los modelos SVAR se distingue entre restricciones a corto y a largo plazo. En este trabajo nos centramos en las restricciones a largo plazo debido, principalmente, a que trabajamos con series anuales.

Tal y como se formulan las restricciones a corto plazo<sup>7</sup>, éstas suelen implicar que una de las variables no es capaz de responder instantáneamente a los cambios o shocks<sup>8</sup> que se producen en otras variables. En los sistemas hub-and-spoke las restricciones a corto plazo equivalen a mantener que los gestores de una de las infraestructuras de transporte del sistema, llamémosla X, necesitan tiempo para evaluar los cambios en las estadísticas de tráfico de la infraestructura que ha sufrido el shock, llamémosla Y. De esta forma, la restricción a corto plazo implicaría que en el siguiente periodo la respuesta en los tráficos de la infraestructura X a un shock en la infraestructura Y del sistema sería 0.

Dado que las infraestructuras de transporte (puertos, aeropuertos, estaciones de trenes.....) operan con los más recientes sistemas de información, esta hipótesis sólo se puede mantener cuando trabajamos con series mensuales, trimestrales o cuatrimestrales y nunca con anuales. Esto restringe el campo de aplicación de las restricciones a corto plazo al tráfico aéreo y por ferrocarril, ya que aunque es posible encontrar estadísticas mensuales en el tráfico portuario, éstas no suelen ser más que meras aproximaciones. Pero incluso disponiendo de estadísticas sobre tráficos con una periodicidad inferior al semestre, es difícil mantener la utilidad de las restricciones a corto plazo para el análisis de los sistemas de transporte hub-and-spoke. No se puede olvidar que un shock positivo

---

<sup>7</sup> Para un desarrollo analítico de las restricciones a corto plazo léase Amisano y Giannini (1997).

<sup>8</sup> Estos cambios o shocks son inesperados.

(negativo) en una infraestructura spoke se manifiesta rápidamente en un aumento (disminución) en la infraestructura hub, dada la vinculación existente entre los tráficos de ambas infraestructuras.

En cambio, si existe mucho campo para el empleo de SVAR con restricciones a largo plazo, restricciones que se pueden plantear bajo unos supuestos bastante realistas como veremos posteriormente. A continuación recogemos la formulación analítica de la inclusión de restricciones a largo plazo en un modelo SVAR<sup>9</sup>, siendo los componentes de la matriz C la respuesta acumulada a largo plazo a los shocks en las innovaciones estructurales<sup>10</sup>:

$$C = \hat{\Psi}_{\infty} A^{-1}B$$

Siendo  $\hat{\Psi}_{\infty} = (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{A}}_1 - \dots - \hat{\mathbf{A}}_p)^{-1}$  la estimación de la respuesta acumulada ante los shocks de las innovaciones observadas.

Las funciones de impulso-respuesta para el caso de un sistema hub-and-spoke nos permitirán comprobar como afectara un shock, positivo o negativo, en una de las infraestructuras de transporte sobre las restantes, principalmente en el hub del sistema.

Dentro de este planteamiento general, podemos distinguir dos objetivos fundamentales a alcanzar con este modelo:

**1. La planificación de infraestructuras de transporte.** Con este modelo, además de realizar previsiones sobre los tráficos futuros, se pueden analizar los efectos de una variación imprevista del tráfico de una infraestructura spoke sobre la infraestructura hub del sistema. Con ello, se puede contribuir a mejorar la planificación de la capacidad disponible en la infraestructura hub, evitando que puedan surgir “cuellos de botella” o excesos de capacidad ante cambios de tráficos imprevistos en los puertos con los que está relacionado. Además, el introducir una mayor información a priori (las relaciones entre los puertos hubs y spoke) frente al VAR simple debe redundar en la calidad de las predicciones.

---

<sup>9</sup> Para un análisis más profundo véase Blanchard y Quah (1989).

<sup>10</sup> De esta forma  $C_{12} = 0$  se interpreta como que el efecto a largo plazo sobre la variable 1 de un shock en la variable 2 es nulo. Es decir, la variable 2 sólo tendrá efectos transitorios sobre la variable 1.



## **2. La medición de los efectos de “creación de comercio” y “desviación de comercio”**

**tanto nacionales como internacionales.** Una de las posibilidades estudiadas en nuestro modelo SVAR es que las infraestructuras de transporte consideradas compartan su hinterland o zona de influencia<sup>11</sup>. En este caso concreto, hay que considerar que un shock positivo en una infraestructura spoke estará compuesto de dos efectos con diferente signo sobre la infraestructura hub: uno positivo de creación de comercio por los nuevos tráficos que se hayan generado y otro negativo de desviación de comercio por el trasvase de tráficos entre las dos infraestructuras por estar ubicadas en el mismo mercado. Por ello, si se comparte el hinterland, el efecto positivo que sobre el hub tendría un shock favorable de una de sus infraestructuras spoke se debe matizar con la pérdida de tráfico debido a la desviación de comercio. Incluso podemos encontrar que un shock positivo proveniente de una infraestructura spoke pueda tener una respuesta acumulada negativa sobre su infraestructura hub. Esto se dará siempre y cuando estemos ante un sistema con múltiples hubs. En este caso, la cuota de mercado de la infraestructura hub sobre la infraestructura spoke que sufre el shock, será bastante pequeña.

Una vez explicadas las diferentes posibilidades de la metodología, se procede a la aplicación de la misma donde:

$$\text{Chs} = k(\text{CMhs} * \text{Css} - \text{DC}). \quad [1]$$

Siendo:

Chs = Respuesta acumulada en la infraestructura hub ante un shock en la infraestructura spoke.

CMhs = Cuota de mercado de la infraestructura hub sobre el conjunto de tráficos de la infraestructura spoke. Esta cuota se calcula como el porcentaje del tráfico de la infraestructura spoke que tiene su origen o destino en la infraestructura hub estudiada. Lógicamente ese porcentaje dependerá de múltiples factores. Entre estos factores destacan los siguientes: el número de hubs con

---

<sup>11</sup> El hinterland o zona de influencia de un puerto es el área en la que se generan sus tráficos porque en ella están ubicadas las empresas que depende de dicho puerto para dar salida o entrada a sus materias primas o productos finales. Es decir, el “hinterland” de un puerto constituye su mercado, el territorio donde debe actuar, adaptando la especialización de su oferta a la demanda potencial.

los que opera la infraestructura spoke; la proximidad geográfica de cada uno de ellos o su importancia relativa en la categoría de transporte en la que se encuentre.

Css = Respuesta acumulada en la infraestructura spoke ante un shock en dicha infraestructura spoke.

DCsh = Desviación de comercio desde la infraestructura hub hacia la spoke. Como se ha comentado anteriormente, este efecto sólo se podrá dar si las infraestructuras hub y spoke presentan un hinterland compartido.

k = Es una constante de proporcionalidad positiva.

Para implementar un modelo SVAR y poder medir los objetivos antes expuestos [1] es necesario establecer un criterio para el establecimiento de restricciones a largo plazo fundamentado en el comportamiento económico de los sistemas hub-and-spoke. A priori es lógico suponer que en un modelo SVAR bivalente, Csh (respuesta acumulada en la infraestructura spoke ante un shock en la infraestructura hub) será igual a cero, es decir, que el efecto a largo plazo sobre la infraestructura spoke de un shock en la variable hub es nulo. Estamos suponiendo que cuando cambian los tráficos en la infraestructura hub (un shock sobre el tráfico del hub) éste se ha debido a un aumento en la demanda del hinterland del hub<sup>12</sup> o a un shock previo en otra infraestructura spoke con la que esté relacionado. Otra forma de verlo sería derivando la siguiente expresión analítica a partir de [1]:

$$Csh = c(CMsh * Chh - DCsh) = 0 \quad [2]$$

Esta restricción se basa en las siguientes hipótesis:

Csh = Respuesta acumulada en la infraestructura spoke ante un shock en la infraestructura hub.

CMsh = Cuota de mercado de la infraestructura spoke sobre el conjunto de tráficos de la infraestructura hub. De forma análoga a CMhs, esta cuota se calcula como el porcentaje del tráfico de la infraestructura hub que tiene su origen o destino en la infraestructura spoke estudiada. También en este caso este porcentaje dependerá de múltiples factores como son el número de spokes con los que opera la infraestructura hub; la proximidad geográfica o la estructura de costes de ambas

---

<sup>12</sup> No se puede olvidar que la demanda de servicios de transporte es una demanda derivada, como toda demanda de factores productivos. Luego un aumento (disminución) en los tráficos de una infraestructura se debe a un aumento (disminución) previo de la actividad económica de su hinterland.

infraestructuras, entre otras. Lógicamente, cuanto más importante sea la infraestructura hub<sup>13</sup> menor será este coeficiente y, por tanto,  $CMsh \cdot Chh$  tenderá a 0 a medida el hub vaya definiendo su rol, y generalmente será levemente positivo.

$Chh$  = Respuesta acumulada en la infraestructura hub ante un shock en dicha infraestructura hub.

$DCsh$  = Desviación de comercio desde la infraestructura spoke hacia la hub. De nuevo, este efecto se contabilizará si la infraestructura hub y la spoke tiene una zona de hinterland compartido. Este efecto tendrá una importancia relativa menor a su análogo,  $DCsh$ , ya que la mayor parte de la variación en los tráficos de una infraestructura hub se deberán a cambios en las demandas de los hinterlands de las infraestructuras hubs o spokes con las que esté relacionado. Generalmente este efecto será nulo, incluso cuando exista una pequeña zona de hinterland compartido y, como máximo, será levemente negativo, compensándose con el valor de  $CMsh \cdot Chh$ . Con estos supuestos la diferencia  $CMsh \cdot Chh - DCsh$  estará próxima a 0 y, por tanto, se puede mantener como restricción a largo plazo que  $Csh = 0$ .

$c$  = Es una constante de proporcionalidad positiva.

Obviamente para mantener este razonamiento se ha de suponer previamente que la infraestructura hub no está congestionada, o lo que es lo mismo, que la infraestructura spoke puede emplear al hub para sus transbordos tanto como desee.

Para sustentar analíticamente la hipótesis " $Csh = 0$ " es muy recomendable constatar que el valor  $Csh = 0$  se encuentra dentro del intervalo de confianza estimado para  $Csh$ , aplicando para ello algún método de ortogonalización recursiva<sup>14</sup> y construyendo las bandas de confianza a partir de la estimación de los errores standard de las respuestas acumuladas<sup>15</sup>.

Siguiendo el razonamiento anterior, si la infraestructura hub se encuentra congestionada no tendría mucho sentido el análisis de las funciones impulso respuesta y quedarían desvirtuadas todas

---

<sup>13</sup> Esta importancia se mide tanto en volumen de tráficos del hub como en el número de conexiones diferentes que dicho hub tiene establecidas con infraestructuras spokes y otros hubs.

<sup>14</sup> Para este trabajo hemos utilizado la factorización de Cholesky, ordenando las variables de mayor a menor exogeneidad tras aplicar el test de Granger y ajustando el número de grados de libertad de la matriz de covarianzas residuales. De esta forma, el elemento  $(i,j)$  de la matriz de covarianzas residuales quedaría como  $\sum_{t=p} e_{i,t} e_{j,t} / (t-p)$ , siendo  $p$  el número de parámetros por ecuación.

<sup>15</sup> Esto no implica dificultad alguna, ya que en los paquetes econométricos standards se recoge la posibilidad de calcular estos errores standars ya sea de forma analítica (asintóticamente) o mediante el método de Montecarlo. En las aplicaciones del epígrafe 4 se ha optado por su cálculo analítico.

las conclusiones. Sólo podría mantenerse este análisis como intento de simular lo que pasaría si la infraestructura hub ampliara sus instalaciones, lo que explicaría el shock positivo en sus tráficos. Aun así, cuando existen problemas de congestión en la infraestructura hub no se podrían utilizar las restricciones antes descritas ya que no se podría mantener que  $Csh = 0$ .

Entre los supuestos iniciales de los modelos SVAR se encuentra, igual que en cualquier otro modelo de series temporales basados en vectores autoregresivos, la cláusula *ceteris paribus*. Esto implica que el comportamiento de los agentes económicos que conforman la comunidad portuaria (navieras, consignatarios, estibadores, agentes de aduana...) de los puertos estudiados no varía significativamente.

Bajo este sencillo esquema teórico, suponiendo que no hay problemas de congestión en la infraestructura hub y aplicando una metodología de solvencia contrastada en el análisis dinámico de las series temporales, los modelos SVAR, se abre un conjunto de posibilidades muy interesante en la Economía del Transporte en todos sus campos. Para ilustrar la utilidad de esta metodología, en el epígrafe siguiente recogemos una aplicación práctica.

#### **4. APLICACIÓN PRÁCTICA AL TRÁFICO DE CONTENEDORES ENTRE EL PUERTO BAHÍA DE ALGECIRAS Y OTROS PUERTOS DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL<sup>16</sup>.**

Como comentamos al inicio de este trabajo esta metodología se podría aplicar a cualquier sistema de transporte que se rigiera bajo la estructura hub-and-spoke. No podemos olvidar que muchas de las propiedades de los modelos VAR y de los tests que sobre los mismos se aplican son para muestras infinitas<sup>17</sup>. Esto implica que se deben buscar infraestructuras que cuentan con series temporales amplias para aplicarles esta metodología, lo cual generalmente limitará su campo de actuación a los sistemas portuarios y aeroportuarios. Para esta aplicación práctica hemos seleccionado el tráfico de contenedores entre el puerto Bahía de Algeciras y otros puertos del sistema portuario español.

---

<sup>16</sup> Todos los cálculos de este epígrafe han sido realizados con el paquete estadístico Eviews 4.1.

<sup>17</sup> Como es sabido, en series temporales, los resultados de mínimos cuadrados son iguales que en economía lineal pero para series infinitas, por lo que las estimaciones por MCO de los parámetros de un VAR convergen en distribución a los verdaderos valores de los parámetros, siempre y cuando los residuos del modelo sean ruido blanco.

Dentro del sistema portuario español el puerto hub más importante en el tráfico de contenedores internacional es el puerto Bahía de Algeciras, junto a él se encuentran los de Valencia y Barcelona. Aunque la diferencia entre el volumen de contenedores movidos por estos tres puertos<sup>18</sup> no es tan grande como para justificar la elección del puerto Bahía de Algeciras como hub indiscutible del sistema portuario español, es necesario ponderar esta diferencia por la amplitud de los hinterlands respectivos. El puerto Bahía de Algeciras es el que tiene un hinterland menor lo que ocasiona que, históricamente, el 90 por ciento de media de su tráfico de contenedores no tenga su origen o salida en su hinterland. Este 90 por ciento se debe al transbordo internacional o nacional mediante sus líneas *round the world* y *feeder*, y, por tanto, es un tráfico casi exclusivamente debido a su función hub del sistema portuario español. Por todo ello, lo hemos escogido como referente de nuestra aplicación práctica.

Dado que las series temporales no son excesivamente grandes (1975-2001) y que, además, son no estacionarias, hemos optado por trabajar con VAR bivariantes para evitar perder todos los grados de libertad, lo que ocurriría si trabajamos con un número amplio de variables.

Nuestro objetivo es estudiar la interdependencia de las infraestructuras en el sistema tanto si existe un hinterland compartido como si no lo hubiera. Hemos seleccionado dos aplicaciones en las que, a priori, podemos saber con gran certeza cuales son los resultados esperados, de forma que cualquier desviación respecto de los mismos por nuestros modelos SVAR fuera difícilmente justificable y pusiera en tela de juicio su utilidad en el campo del análisis económico de los sistemas hub-and-spoke.

Para evitar problemas de consistencia en los coeficientes de las variables, hemos incluido como variable exógena explicativa el PIB<sup>19</sup>, al ser un buen indicador de la actividad económica. Dado el carácter derivado de la demanda de transporte, sólo existirán tráficos portuarios si previamente ha habido una actividad económica que lo sustenta.

#### **4.1. ESCENARIO 1:** Existencia de un hinterland compartido entre las infraestructuras. Aplicación práctica: SVAR bivariante entre los puertos Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz.

---

<sup>18</sup> En el año 2001 el puerto Bahía de Algeciras movió 1.414.390 TEUs frente a los 1.144.775 TEUs de Valencia y a los 947.767 TEUs de Barcelona.

<sup>19</sup> Partiendo de las series del PIB del INE con base 1986 y 1995 se ha construido una serie a pesetas constantes de 1975 a 2001.

Para ilustrar el primer caso hemos montado un SVAR bivalente entre los puertos de Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz. La distancia entre estos puertos es inferior a los 100 km o lo que es lo mismo, en tiempo de carretera, un camión tardaría una hora entre ambos puertos. Siguiendo nuestro esquema, el puerto Bahía de Cádiz realizaría el papel de puerto spoke frente al de Bahía de Algeciras que sería el puerto hub.

Lo cierto es que el puerto de Bahía de Cádiz no es un puerto spoke de Bahía de Algeciras, ya que no posee líneas feeder con Bahía de Algeciras. Este hecho no solo no invalida la aplicación de la metodología antes planteada sino que tiene efectos claramente favorables si queremos testar nuestra metodología sobre escenarios resueltos a priori. Por un lado refuerza la justificación teórica de la restricción a largo plazo ( $Csh = 0$ ) pues, al no existir línea feeder entre los puertos Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz, el shock de la hub no tendrá ningún efecto favorable sobre el puerto spoke, es decir,  $CMsh * Chh = 0$ , ya que  $CMsh = 0$  por definición. Además, es de suponer que los efectos desviación de comercio por compartir un hinterland común ( $DCsh$ ) serán ínfimos en cuanto a la respuesta acumulada de la infraestructura spoke al impulso en el hub. Esto es fácil de mantener si tenemos en cuenta la escasa magnitud de los tráficos de los puertos spoke respecto de los del puerto hub ya que por ejemplo el puerto Bahía de Cádiz representaría menos del 3,5 por ciento de los tráficos de contenedores del puerto Bahía de Algeciras, medidos en toneladas.

Otra posibilidad de análisis para este caso concreto y excepcional, en el que no hay una relación hub-spoke entre las infraestructuras que incluimos en el análisis, es considerar que  $DCsh$  es distinto de cero. De esta forma estaríamos suponiendo que un shock de la infraestructura hub sobre la infraestructura spoke tiene un efecto ligeramente negativo.

Obviamente es mucho más difícil montar a priori, deductivamente, una restricción a largo plazo distinta de cero, ya sea positiva o negativa. En este trabajo para elegir el valor a priori de esta nueva restricción negativa hemos utilizado el mismo método analítico que para contrastar que  $Csh = 0$ . En primer lugar, construimos el intervalo de confianza para  $Csh$  utilizando para ortogonalizar los errores observados la inversa de la factorización de Cholesky, ajustando el número de grados de libertad y ordenando las variables de mayor a menor exogeneidad siguiendo el modelo de causalidad

de Granger<sup>20</sup>. La mayor exogeneidad de la variable, tal y como la planteamos, coincide con el concepto de prioridad causal en el sentido de Granger. Una vez construido el intervalo se debe escoger un valor ligeramente negativo que esté incluido dentro del mismo.

El primer paso a la hora de montar el modelo SVAR bivalente entre los tráficos de contenedores, expresados en toneladas, de los puertos Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz es la inspección de las series a tratar. Gráficamente se observa una relación positiva entre la media y la desviación típica de las variables expresadas en niveles, sobre todo para el caso del puerto Bahía de Algeciras (ver gráfico 1). Este indicio de heterocedasticidad evidente aconseja el empleo de la transformación logarítmica en ambas series. Además, sin tener que recurrir a ningún test de raíces unitarias se puede concluir la no estacionariedad en media de las series en niveles, como se desprende del gráfico 2. Para solventar estas deficiencias montaremos el modelo SVAR con las siguientes series  $\nabla\log\text{ALG}$  y  $\nabla\log\text{CAD}$ , es decir, explicaremos la evolución de la tasa de crecimiento porcentual de cada una de las series en niveles en función de las tasas de crecimiento pasadas. En la tabla 1 se muestran los resultados de los test de raíces unitarias para dichas series, en los cuales se rechaza la hipótesis nula y por tanto las series originales ( $\log\text{ALG}$  y  $\log\text{CAD}$ ) son sólo  $I(1)$ .

En la tabla 2 se recogen los resultados de los test para determinar el retardo óptimo en el modelo estudiado. Para cada criterio de elección se señala mediante un asterisco cual el retardo óptimo.

Una vez aplicados los tests de razón de verosimilitudes para determinar el retardo óptimo del VAR, obtenemos la estructura que se recoge en la Tabla 3, siendo la variable  $\nabla\log\text{PIB}$  la tasa de crecimiento anual del PIB. Un dato necesario a la hora de especificar el modelo SVAR son las bandas de confianza de la restricción a largo plazo que deseamos implantar ( $C_{sh} = 0$ ) en este caso esas bandas para una respuesta acumulada de 10 periodos son (0.0824,-0.0640). Por tanto, recogerían tanto la posibilidad de que  $C_{sh}$  fuera igual a cero como de que  $C_{sh}$  fuera ligeramente negativo, teniendo en cuenta que sólo existen efectos de desviación comercio.

Los gráficos 3 y 4 muestran las funciones impulso respuesta bajo las dos alternativas  $C_{sh} = 0$  y  $C_{sh} = -0,010$ .  $C_{sh}$  en este modelo sería  $C_{cad/alg}$ . Para que los resultados estuvieran en consonancia con el modelo planteado, los gráficos deben mostrar que  $C_{cad/cad}$  y  $C_{alg/alg}$  serán claramente positivos mientras que  $C_{alg/cad}$  debe ser claramente negativo.

---

<sup>20</sup> Consideramos que una variable  $y_{2t}$  causa en el sentido de Granger a otra variable  $y_{1t}$  si la proyección en el futuro de  $y_{1t}$  con toda la información disponible ( $Y_{1t} = y_{1t} + y_{2t}$ ) y la proyección sólo con la información de la variable  $y_{1t}$  son diferentes.

Tras analizar los residuos del modelo, hemos aplicado el test de Jarque-Bera de normalidad para series multivariante. Con las restricciones de ortogonalización propuestas  $C_{sh} = 0$  y  $C_{sh} = -0,010$ , hemos obtenido unos p-values de 0,6112 y 0,5567 respectivamente, valores más que suficientes para mantener la hipótesis de ruido blanco de los residuos.

**4.2. ESCENARIO 2:** Inexistencia de un hinterland compartido entre las infraestructuras. Aplicación práctica: SVAR bivariante entre los puertos Bahía de Algeciras y Las Palmas.

En este escenario tenemos dos infraestructuras de transporte lo suficientemente alejadas para que no exista una región geográfica de hinterland compartido entre ellas. Esto facilita mucho el análisis ya de que los efectos de desviación de comercio entre las infraestructuras serán nulos y, por tanto, tenemos que  $DC_{sh} = DC_{hs} = 0$ . Bajo este escenario las ecuaciones de nuestro modelo quedarían de la siguiente forma:

$$C_{hs} = kCM_{hs} * C_{ss}$$

$$C_{sh} = cCM_{sh} * C_{hh} = 0$$

Actualmente los puertos españoles que cuentan con una línea feeder con el puerto Bahía de Algeciras son los siguientes: Alicante; Barcelona; Bilbao; Cartagena; Las Palmas de Gran Canaria; Melilla; Santa Cruz de Tenerife; Tarragona; Valencia y Vigo. Pero no todos estos puertos valen para nuestro análisis. Hay que descartar aquellos que a su vez desempeñen una función hub, ya que difícilmente podremos suponer que  $C_{sh} = 0$  cuando los dos son hub. Además, al competir estos puertos por las mismas líneas transoceánicas dentro de una misma área geográfica, el mediterráneo occidental, habrá fuertes efectos de desviación de comercio entre ellos que necesitarán ser tenidos en cuenta, incluso aunque el hinterland compartido entre el puerto Bahía de Algeciras y los otros puertos hub sea nulo. Por estas razones debemos excluir del análisis los puertos de Valencia y Barcelona<sup>21</sup>. De los restantes puertos, se ha escogido el puerto de Las Palmas ya que, al ser un puerto insular, no hay ninguna duda de que el hinterland compartido con el puerto Bahía de Algeciras es nulo.

---

<sup>21</sup> En el caso de los puertos de Valencia, Barcelona y, en menor medida, en el de Bilbao hay que tener en cuenta que realmente si tienen hinterland compartido con el puerto Bahía de Algeciras aunque de forma indirecta a través del Puerto Seco de Madrid. Dicho hinterland compartido es la zona centro de España.



Igual que antes, aplicamos la transformación logarítmica en ambas series, ya que gráficamente se observa una relación positiva entre la media y la desviación típica de las variables expresadas en niveles sobre todo en el caso de la Bahía de Algeciras<sup>22</sup> (ver gráficos 1 y 5). Además, de nuevo partiendo de la mera observación de las series se puede concluir la no estacionariedad en media de las series en niveles, como se observa en el gráfico 6. Por todo ello se especificará el modelo SVAR con las siguientes series  $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{LasP}$ .

Respecto de las series  $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{LasP}$ , la mera observación de las series no es concluyente para determinar sus estacionariedad, por lo que debemos aplicar los tests de raíces unitarias. En la tabla 4 se muestran los resultados de los tests de raíces unitarias para dichas series, en los cuales se rechaza otra vez la hipótesis nula y por tanto las series originales ( $\log \text{ALG}$  y  $\log \text{LasP}$ ) son sólo  $I(1)$ .

Una vez aplicados los tests de razón de verosimilitudes para determinar el retardo óptimo del VAR (véase tabla 5), en el que hemos primado el Criterio de Información de Akaika ya que no hay problemas de estacionariedad en las variables, hemos optado por especificación que se recoge en la tabla 6.

El paso siguiente es comprobar que  $C_{sh} = 0$  se encuentra dentro de las bandas de confianza de nuestro modelo. En este caso esas bandas para una respuesta acumulada de 10 periodos son,  $(0.0629, -0.0077)$ , con lo que podemos mantener esta hipótesis.

En el gráfico 7 se muestran las funciones impulso respuesta con la restricción a largo plazo de que  $C_{sh} = 0$ , siendo  $C_{sh}$  en este modelo  $C_{asp/alg}$ . Los gráficos responden a los supuestos del modelo planteado, ya que como se puede observar  $C_{asp/lasp}$ ,  $C_{alg/lasp}$  y  $C_{alg/alg}$  son claramente positivos.

Finalmente, en este caso, el análisis de los residuos nos permite sustentar de nuevo el supuesto de ruido blanco para los residuos. Hemos obtenido un p-value de 0,7961 con la restricción de ortogonalización propuesta.

## 5. CONCLUSIONES.

Las aplicaciones que figuran en este documento nos hacen ser optimistas en cuanto al empleo de la metodología SVAR en Economía Portuaria. Todo parece indicar que esta categoría de

---

<sup>22</sup> Es lógico suponer que la heterocedasticidad será mayor en una infraestructura hub que en una spoke pues mientras que los tráficos de la primera fluctuarán en mayor medida según la fase del ciclo económico en la que nos encontremos, los tráficos de la infraestructura spoke serán más estable al depender únicamente de su hinterland.

modelos pueden ser un instrumento útil no sólo para la previsión de tráfico sino para la planificación de infraestructuras portuarias, así como para disminuir los costes de congestión asociados a las mismas. No debemos olvidar que estamos ante un sector económico, el del transporte marítimo, en el que la demanda de infraestructuras está creciendo a una tasa superior anual a la oferta de las mismas, tanto pública como privada. Este hecho plantea la necesidad de contar con el máximo número de instrumentos matemáticos complementarios que faciliten la planificación del sector.

Entre los aspectos positivos de esta metodología destacamos su compatibilidad con otras a la hora de sustentar la toma de decisiones económicas, como son el análisis coste-beneficio social o las metodologías de impacto económico. Entre sus aspectos negativos encontramos que se encuentra inicialmente limitada a las estructuras de transporte hub-and-spoke, ya que para otras formas de transporte en las que no exista una infraestructura central que distribuya el tráfico, difícilmente podremos montar restricciones a corto o a largo plazo con las que construir el SVAR. Para este tipo de infraestructuras de transporte, en las que sin disponer de una estructura hub-and-spoke operen con tráfico común, existen otras alternativas como los análisis de cointegración.

La deficiencia fundamental de la metodología propuesta, como en gran parte de los modelos económicos, se encuentra en la aplicación de la cláusula *ceteris paribus*. De esta forma, al suponer que los agentes económicos no cambiarán sus decisiones respecto de los puertos estudiados, no consideramos el estudio de las decisiones que estos agentes tomarán en el futuro. Aunque, este hecho también reporta aspectos positivos ya que disminuye el coste de la metodología, convirtiéndola en una herramienta muy eficiente para el estudio de estos modelos de transporte en situación de estabilidad en las decisiones. Pero si los grandes agentes económicos, en nuestro caso las grandes navieras, cambiaran sus decisiones de forma significativa, esto invalidaría el carácter prospectivo del modelo SVAR. Un ejemplo de este cambio brusco en el comportamiento de los agentes económicos sería que Maerks-Sealand traspasara sus operaciones en la Bahía de Algeciras a otro puerto del Mediterráneo.

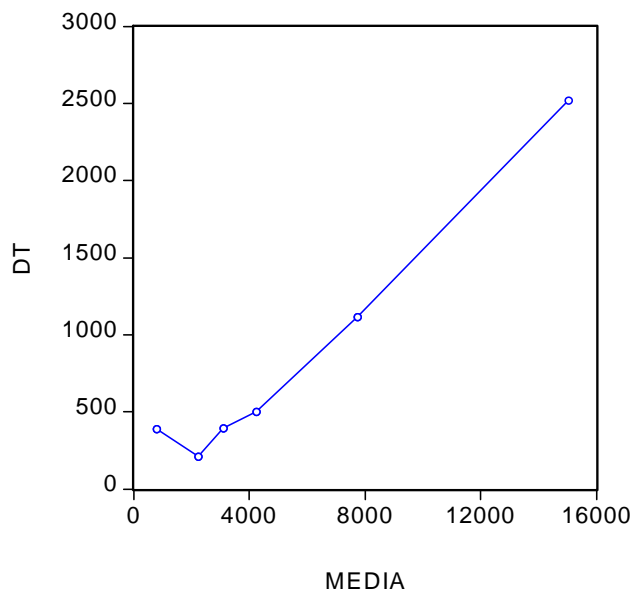
Este tipo de cambios difícilmente se pueden meter a priori en los modelos SVAR, incluso en el supuesto de que conociéramos los planes futuros de estas grandes corporaciones multinacionales, que son las cuatro grandes alianzas. En cambio, a posteriori, los modelos SVAR se pueden adaptar fácilmente al comportamiento de estos agentes mediante el uso de variables ficticias (escalón,

impulso o impulso compensado)<sup>23</sup> con las cuales recogeríamos las variaciones en las decisiones como cambios estructurales del modelo.

De todas formas, lo limitado de las contrastaciones expuestas en este trabajo nos obliga a ser prudentes a la espera de un mayor número de trabajos. Estos trabajos deberían orientarse no sólo a la actividad portuaria sino también a otros ámbitos como el aeroportuario o el ferroviario.

## TABLAS y GRÁFICOS

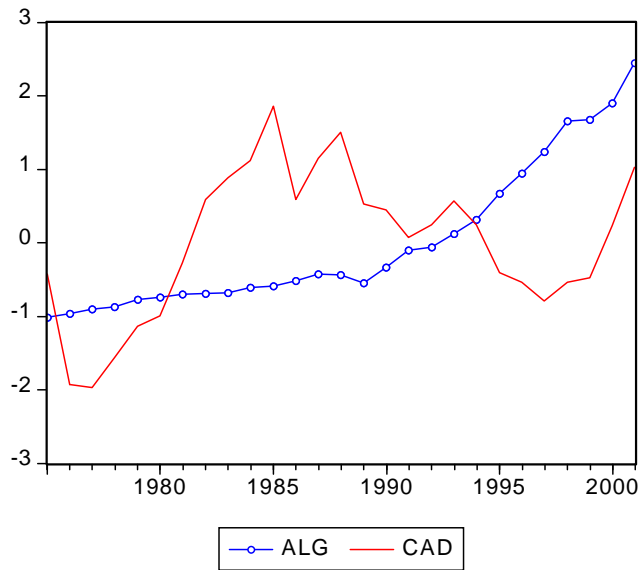
**Gráfico 1. Gráfico media-desviación típica de la serie del puerto Bahía de Algeciras**



**Gráfico 2. Series de los puertos de Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz (datos normalizados).**

---

<sup>23</sup> No se han tenido en cuenta las variables ficticias de rampa ya que al trabajar con modelos VAR en los que queremos recoger las funciones impulso-respuesta a partir de tráficos no estacionarios, será condición necesaria diferenciar las series. De esta forma, aunque las series originales necesiten de una variable ficticia de rampa, en el VAR aparecerá como mínimo en forma de variable ficticia de escalón.



**Tabla 1. Test de raíces unitarias para  $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{CAD}$ .**

<b>Test <math>\nabla \log \text{ALG}</math></b>	t-sta	MacKinnon p-values
Augmented Dickey-Fuller based SIC	-4.8840	0.0007
Phillips-Perron(Newey-West using Bartlett kernel)	-9.0163	0.0000
<b>Test <math>\nabla \log \text{CAD}</math></b>	t-sta	MacKinnon p-values
Augmented Dickey-Fuller based SIC	-5.6475	0.0001
Phillips-Perron(Newey-West using Bartlett kernel)	-5.5837	0.0001

**Tabla 2. Retardo óptimo en el VAR ( $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{CAD}$ ).**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	30.02879	NA	0.000428	-2.082303	-1.887283*	-2.028213
1	36.39255	10.69111*	0.000356*	-2.271404*	-1.881363	-2.163223*

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

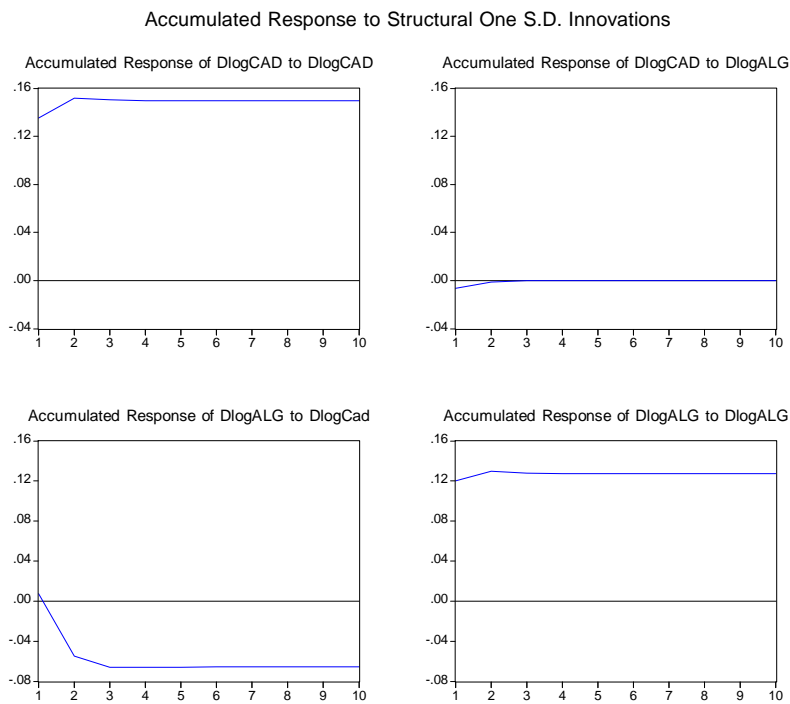
HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Tabla 3. VAR Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz.**

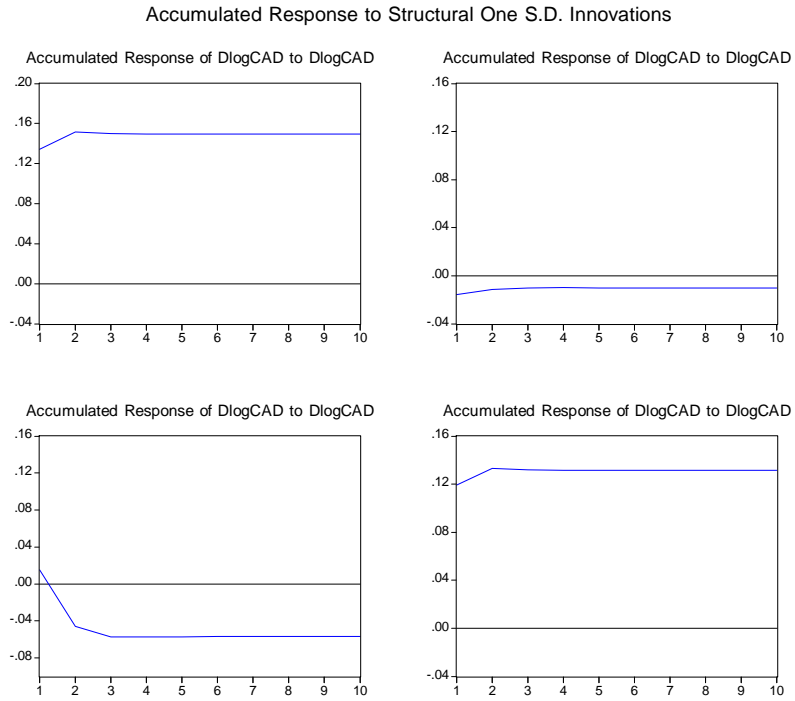
	$\nabla \log \text{CAD}$	$\nabla \log \text{ALG}$
$\nabla \log \text{CAD}(-1)$	0.119786	-0.463420
	(0.18798)	(0.16693)
	[ 0.63721]	[-2.77612]
$\nabla \log \text{ALG}(-1)$	0.051573	0.057281
	(0.15654)	(0.13901)
	[ 0.32946]	[ 0.41207]
C	0.090171	0.225689
	(0.06835)	(0.06069)
	[ 1.31935]	[ 3.71867]
$\nabla \log \text{PIB}$	-2.404594	-3.366079
	(1.84553)	(1.63884)
	[-1.30293]	[-2.05394]
R-squared	0.137106	0.421516
Adj. R-squared	0.013835	0.338876
Sum sq. resids	0.384489	0.303190
S.E. equation	0.135311	0.120157
F-statistic	1.112235	5.100600
Log likelihood	16.71047	19.67994
Akaike AIC	-1.016838	-1.254395

Schwarz SC	-0.821818	-1.059375
Mean dependent	0.038944	0.146757
S.D. dependent	0.136257	0.147777
Determinant Residual Covariance	0.000264	
Log Likelihood (d.f. adjusted)	32.03371	
Akaike Information Criteria	-1.922697	
Schwarz Criteria	-1.532657	

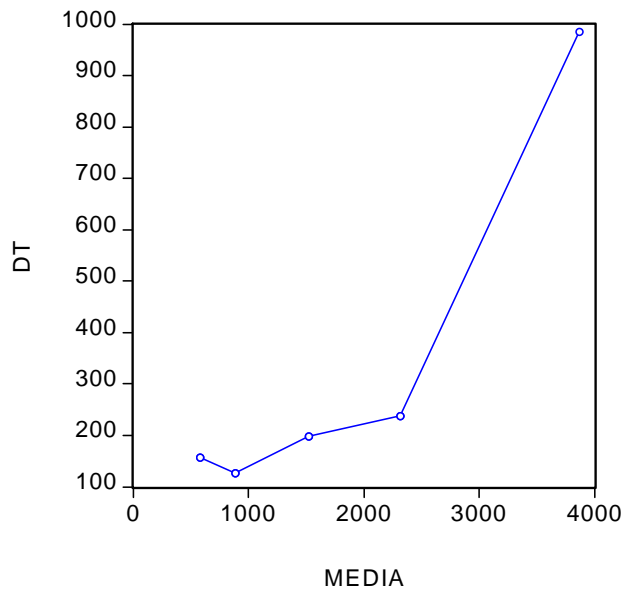
**Gráfico 3. Funciones de impulso respuesta acumuladas bajo la restricción Csh = 0.**



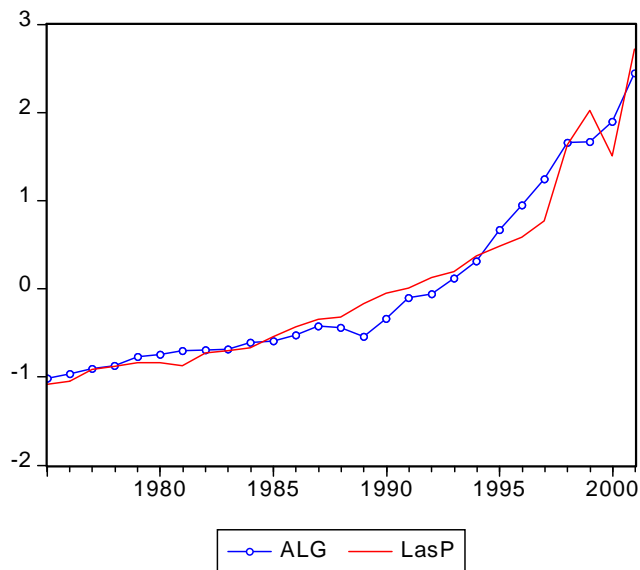
**Gráfico 4. Funciones de impulso respuesta acumuladas bajo la restricción Csh = -0,010.**



**Gráfico 5. Gráfico media-desviación típica de la serie del puerto de Las Palmas.**



**Gráfico 6. Series de los puertos de Bahía de Algeciras y Las Palmas (datos normalizados).**



**Tabla 4. Test de raíces unitarias para  $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{LasP}$ .**

<b>Test <math>\nabla \log \text{ALG}</math></b>	t-sta	Mackinnon p-values
Augmented Dickey-Fuller based SIC	-4.8840	0.0007
Phillips-Perron(Newey-West using Bartlett kernel)	-9.0163	0.0000
<b>Test <math>\nabla \log \text{LasP}</math></b>	t-sta	Mackinnon p-values
Augmented Dickey-Fuller based SIC	-5.9147	0.0001
Phillips-Perron(Newey-West using Bartlett kernel)	-6.5017	0.0000

**Tabla 5. Retardo óptimo en el VAR ( $\nabla \log \text{ALG}$  y  $\nabla \log \text{LasP}$ ).**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	33.05122	NA*	0.000274*	-2.526193	-2.328716*	-2.476528*
1	35.24703	3.627855	0.000323	-2.369307	-1.974353	-2.269977



2	41.29771	8.944478	0.000275	-2.547627*	-1.955195	-2.398632
* indicates lag order selected by the criterion						
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)						
FPE: Final prediction error						
AIC: Akaike information criterion						
SC: Schwarz information criterion						
HQ: Hannan-Quinn information criterion						

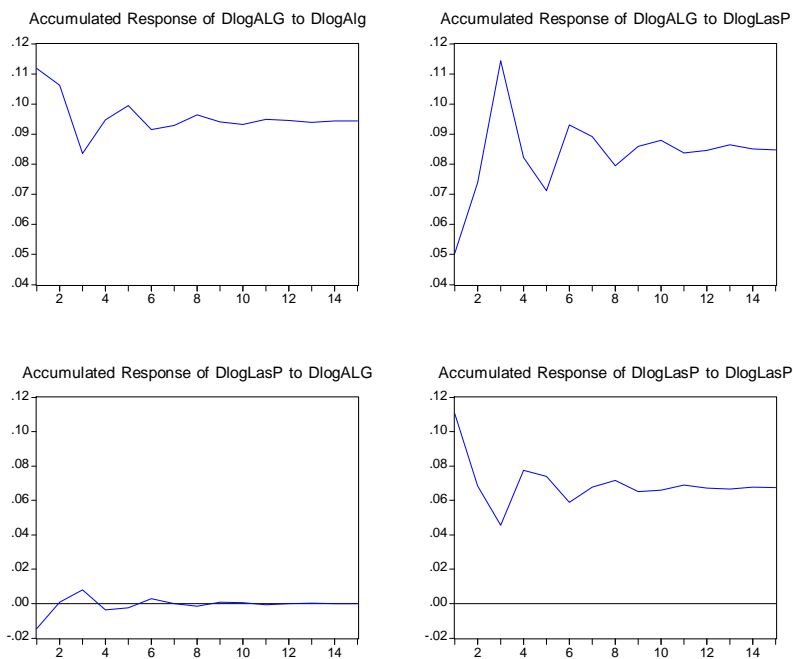
**Tabla 6. VAR Bahía de Algeciras y Las Palmas.**

	$\nabla \log \text{ALG}$	$\nabla \log \text{LasP}$
$\nabla \log \text{ALG}(-1)$	-0.020095	0.082521
	(0.19035)	(0.17264)
	[-0.10557]	[ 0.47800]
$\nabla \log \text{ALG}(-2)$	-0.165822	0.072004
	(0.16097)	(0.14599)
	[-1.03014]	[ 0.49320]
$\nabla \log \text{LasP}(-1)$	0.222452	-0.418322
	(0.25188)	(0.22844)
	[ 0.88316]	[-1.83118]
$\nabla \log \text{LasP}(-2)$	0.530021	-0.416408
	(0.25035)	(0.22705)
	[ 2.11715]	[-1.83399]
C	0.167287	0.107795
	(0.06756)	(0.06127)
	[ 2.47611]	[ 1.75924]

$\nabla \log \text{PIB}$	-3.333727	2.002004
	(1.82503)	(1.65520)
	[-1.82667]	[ 1.20952]
R-squared	0.277157	0.275607
Adj. R-squared	0.076367	0.074386
Sum sq. resids	0.270755	0.222709
S.E. equation	0.122646	0.111233
F-statistic	1.380331	1.369675
Log likelihood	19.76062	22.10480
Akaike AIC	-1.146718	-1.342067
Schwarz SC	-0.852205	-1.047553
Mean dependent	0.130969	0.095923
S.D. dependent	0.127615	0.115616
Determinant Residual Covariance		0.000171
Log Likelihood (d.f. adjusted)		36.00476
Akaike Information Criteria		-2.000396
Schwarz Criteria		-1.411370

**Gráfico 7. Funciones de impulso respuesta acumuladas bajo la restricción  $C_{sh} = 0$ .**

## Accumulated Response to Structural One S.D. Innovations



## Referencias

Amisano, G. and Giannini, C. (1997): *Topics in Structural VAR Econometrics*, Springer.

Adler, N. and Berechman, J. (2001): "Evaluating Optimal Multi-hub Networks in a Deregulated Aviation Market with an Application to Western Europe". *Transportation Research A*. 35(5), 373-390.

Bania, N., Bauer, P.W. and Zlatoper, T.J. (1998): "U.S. Air Passenger Service: A Taxonomy of Route Networks, Hub Locations, and Competition". *Logistics and Transportation Review* 34(1), 53-74.

Blanchard, O.J. and Quah, D.T. (1989): "The Dynamics Effects of Aggregate of Demand and Supply Disturbances". *The American Economic Review* 79(4), 655-673.

Breitung, J. (2001): "A convenient representation for structural vector autoregressions". *Empirical Economics* 26, 447-459.

Brueckner, J. K. and Zhang, Y. (2001): "A Model of Scheduling in Airline Networks. How a Hub-and-Spoke System Affects Flight Frequency, Fares and Welfare". *Journal of Transport Economics and Policy*, 35, (2), 195-222

Button, K., Lall, S., Stough, R. and Trice, M. (1999): "High-Technology Employment and Hub Airports." *Journal of Air Transport Management* 5, 53-59.

Cochrane, J.H. (1998): "What do the VARs Mean? Measuring the Output Effects of Monetary Policy". *Journal of Monetary Economics* 41 (2), 277–300.

DeSerres, A. and Guay, A. (1995): "Estimating and Projecting Potential Output Using Structural Var Methodology". *Working Paper 95-2*, Bank of Canada.

Dwyer, M. (1999): "Impulse Response Priors for Discriminating Structural Vector Autoregressions". *Working Paper*, UCLA.

Faust, J. (1998): "The Robustness of Identified VAR Conclusions About Money". *Carnegie-Rochester Conference on Public Policy* 49, 207–244.

Faust, J., and Leeper, E.M. (1997): "When Do Long-Run Identifying Restrictions Give Reliable Results?". *Journal of Business and Economic Statistics* 15 (3), 345–353.

Gottshalk, J. (2001): "An Introduction into the SVAR Methodology: Identification, Interpretation and Limitations of SVAR models", *Kiel Working Paper n° 1072*, Germany.

Hamilton, J.D. (1994): *Time Series Analysis*. Princeton University Press.

Hansen, M. (1990): "Airline Competition in a Hub-Dominated Environment: An Application of Noncooperative Game Theory". *Transportation Research* 24B, (1), 27-43.

Heaver, T.D. (1995): "The implications of increased competition among ports for port policy and management". *Maritime Policy and Management*, 22(2), 125-133.

Hoffmann, J. (2000): "El potencial de los puertos pivotes en la costa del Pacífico sudamericano". *Revista de la CEPAL* (71), 121-142.

Jang, K. (2001): "Impulse Response Analysis with Long Run Restrictions on Error Models". *Working Paper* 01-04, Ohio University.

Martner, C. (2002): "Puertos pivotes en México: límites y posibilidades". *Revista de la CEPAL* (76), 123-151.

Oum, T.H., Tretheway, M.W. (1990): "Airline Hub-and-Spoke System". *Transportation Research Forum Proceedings* 30, 380-393.

Phillips, P.C.B. and Perron, P. (1988): "Testing for a Unit Root in Time Series Regression," *Biometrika* 75, 335–346.

Rudebusch, G.D. (1998): "Do Measures of Policy in a VAR Make Sense?". *International Economic Review* 39 (4), 907–931.

Sims, C.A. (1998): Comment on Glen Rudebusch's "Do Measures of Monetary Policy in a VAR Make Sense?" *International Economic Review* 39 (4), 933–941.

Urzua, C. M. (1997): "Omnibus Tests for Multivariate Normality Based on a Class of Maximum Entropy Distributions," in *Advances in Econometrics*, Volume 12, JAI Press, 341-358.

Veldman, S.J., Buckmann, E.H.(2003): "A Model on Container port Competition: An Application for the West European Container Hub-Ports". *Maritime Economics & Logistics* 5, 3-22.

**DOCUMENTOS DE TRABAJO EN ANÁLISIS ECONÓMICO (EAWP)**

Derechos reservados 2002. El permiso para reproducir algún artículo está garantizado si *Documentos de Trabajo en Análisis Económico* lo acredita, las copias no son vendidas y es en acto de mayor difusión del documento.

**Editor:** [Fernando González-Laxe](#). (Universidade da Coruña)

**Director:** [Venancio Salcines](#). (Universidade da Coruña)

**Subdirector:** [Andrés Blancas](#). Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM)

**Editor Asociado para América Latina:** [Luis Miguel Galindo](#). Facultad de Economía (UNAM)