

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A. C.



ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LAS TERMINALES PORTUARIAS
DE PACÍFICO SUR
UNA FUNCIÓN DE DISTANCIA ESTOCÁSTICA

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

VÍCTOR ALEJANDRO CHANG ROJAS

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. RODOLFO SÓCRATES CERMEÑO BAZÁN

MÉXICO, D.F. MAYO 2013

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	EL SECTOR PORTUARIO EN PERÚ Y CHILE.....	4
III.	REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE EFICIENCIA PORTUARIA.....	9
IV.	METODOLOGÍA	14
V.	DATOS.....	19
VI.	RESULTADOS EMPÍRICOS.....	23
VII.	CONCLUSIONES	33
	REFERENCIAS	39

CUADROS

Cuadro 1	Ventajas y desventajas de la metodología DEA y SFA	10
Cuadro 2	Revisión de los artículos que explican la eficiencia técnica usando SFA.....	13
Cuadro 3	Estadística descriptiva de las variables empleadas.....	22
Cuadro 4	Resultados de la Estimación de la Frontera de distancia.....	24
Cuadro 5	Resultados de la Estimación de la Ecuación que explica la ineficiencia	24

FIGURAS

Figura 1	Eficiencia técnica promedio por año (2004-2010)	31
Figura 2	Perú y Chile: Eficiencia técnica promedio por año (2004-2010)	32

I. INTRODUCCIÓN

El sector portuario a nivel mundial ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas. Los avances tecnológicos experimentados por la industria de transporte marítimo, como el proceso de contenedorización de la carga y el desarrollo de naves altamente especializadas, han permitido reducir los fletes y han supuesto significativas ganancias de eficiencia y productividad que los operadores no desean perder al llegar al puerto. Asimismo, los procesos de globalización y liberalización de las economías han revitalizado el comercio internacional de los países, incrementando de esta manera la importancia de los puertos dentro de la cadena logística de transporte. En el caso de Perú y Chile, estos son la principal puerta de entrada del comercio de la costa oeste de América del Sur y cerca del 95% de la actividad comercial se realiza por vía marítima.

En este marco, los cambios en el transporte marítimo han incentivado el interés por mejorar la eficiencia portuaria, pues ello contribuye a reducir los costos logísticos e integrar los servicios con otros componentes de la cadena global de transporte. En ese sentido, la pregunta de investigación planteada en la presente tesina es la siguiente: ¿Cuáles son los principales factores que explican las diferencias en eficiencia de las terminales portuarias en Perú y Chile?

A nivel mundial muchos países han realizado una serie de reformas con la finalidad de mejorar su eficiencia, varios de ellos han optado por incrementar las inversiones en los puertos por medio de algún tipo de participación privada. En el caso de Perú y Chile, la modernización de los puertos se ha desarrollado a través de un esquema de concesiones. Si bien ambos países han seguido este tipo de política portuaria, la importancia recibida por parte de los hacedores de política pública no ha sido la misma en ambos países. Las reformas del sector portuario en Chile

han sido más ágiles y dinámicas que las realizadas en el Perú, lo cual ha permitido hacer frente a los cambios que el sector portuario ha tenido en las últimas décadas de una manera más ágil y eficiente.

Actualmente, según el Índice de Competitividad Global 2012-2013 (Banco Mundial, 2012) Perú y Chile se ubican en el puesto número 111 y 31 respecto al índice de Infraestructura de Transporte y específicamente en el puesto 111 y 34 respectivamente en el índice de calidad de infraestructura portuaria de un total de 144 países. Estas ubicaciones ponen en evidencia el problema del sector portuario peruano, pues la falta de inversiones en infraestructura en los puertos peruanos y la obsolescencia de las existentes han causado una pérdida de competitividad, la cual repercute en los costos logísticos del país. Según Guasch y Kogan (2006), cerca del 34% y el 24% del valor de los productos exportados por Perú y Chile, respectivamente, corresponde a los costos logísticos, mientras que el promedio regional es del 24% y en los países de la OCDE es del 9%. Por otra parte, según el Instituto Peruano de Economía (2009), el déficit en infraestructura portuaria de Perú es de aproximadamente 3600 millones de dólares.

Este contexto es el que motiva el desarrollo de la presente investigación, el cual tiene como objetivo identificar las principales variables que contribuyen a reducir la ineficiencia en las terminales de Perú y Chile. Para ello se empleará una versión modificada del modelo de Battese y Coelli (1995), quienes utilizan la metodología de Análisis de Fronteras Estocásticas (SFA). Los principales hallazgos de la investigación son que las terminales Chilenas resultaron ser más eficientes que las peruanas durante todo el periodo de análisis y que la crisis financiera del 2008 afectó la eficiencia en ambos países. Asimismo, una mayor Tasa de Carga a Granel, Índice de

Contenerización y Tasa de Ocupación disminuyen la ineficiencia en las terminales y asimismo si la terminal está gestionada bajo administración privada.

La tesina está organizada de la siguiente manera. La segunda sección presenta una breve descripción del sector portuario de Perú y Chile. En la sección 3 se presenta la revisión de la literatura sobre el análisis de la eficiencia portuaria utilizando un enfoque paramétrico. La sección 4 muestra la metodología a emplear. La sección 5 describe los datos, las variables utilizadas para estimar el modelo, en la sección 6 se presenta los resultados empíricos. Finalmente, en la séptima sección se brindan las conclusiones más relevantes, las posibles implicaciones de políticas y la agenda pendiente para futuras investigaciones.

II. EL SECTOR PORTUARIO EN PERÚ Y CHILE

El sistema portuario de Perú y Chile comprende los puertos¹ públicos y privados. Los puertos privados se caracterizan principalmente por la movilización de cierto tipo de carga específica, mientras que los puertos públicos cuentan con facilidades técnicas para atender diversos tipos de carga. Con respecto a Perú, entre los principales puertos públicos, se tiene los puertos de lanchonaje, los puertos fluviales y los puertos de atraque directo, mientras que en Chile sólo se tienen los puertos de atraque directo.

Los puertos de lanchonaje se caracterizan por no contar con instalaciones de atraque directo para buques comerciales, permitiendo sólo las operaciones de carga o descarga de mercancías por barcazas o embarcaciones pequeñas. Los puertos fluviales son aquellos que se encuentran

¹ En el caso de Perú, "puerto" significa lo mismo que "terminal portuaria", pues todos los puertos poseen una sola terminal. Con la excepción, en los últimos años, del Puerto del Callao, ya que se crearon de dos nuevas terminales que las comprende: Terminal Norte Multipropósito, Terminal Sur de Contenedores y Terminal de Concentrados de Minerales.

situados en las orillas de los ríos navegables, los cuales cuentan con un espacio adecuado y apropiado para el desarrollo de dicha actividad. Por último, los puertos de atraque directos son aquellos que cuentan con suficiente infraestructura física y equipamiento portuario que permite a los barcos comerciales el acoplarse o amarrarse a los muelles para llevar a cabo sus operaciones de carga y descarga de mercancías directamente desde el muelle al buque o viceversa. En esta investigación, nuestra unidad de análisis serán los puertos de atraque directo.

De acuerdo con Trujillo y Nombella (2002), en las últimas décadas, el sistema portuario de América Latina ha experimentado cambios importantes. En un principio, la organización portuaria estaba caracterizada por una participación casi exclusiva del sector público, el control monopólico de los mercados laborales, tarifas no competitivas y las ineficiencias en los servicios, las cuales eran reflejadas principalmente en los largos tiempos de espera de los buques y la baja rentabilidad (incluidas las pérdidas) de las Empresas Públicas. Como resultado de ello, cada país dio inicio a una serie de reformas, las cuales consistían en una mayor participación del sector privado y una mayor competencia en la prestación de los servicios portuarios. Además de ello, se inició con la ruptura del monopolio del mercado de trabajo y la redefinición del papel autoridad portuaria. Ante ello, algunos autores han estudiado el impacto de estas reformas en la eficiencia y la productividad; véase, por ejemplo Estache, González, y Trujillo (2002), y Estache Tovar y Trujillo (2004) para el caso de los puertos mexicanos, y González y Trujillo (2008) para el caso de los puertos de contenedores de España.

2.1 El sector portuario en Perú

Desde 1970 la gestión de las infraestructuras portuarias y la prestación de los servicios en las terminales portuarias públicas del Perú fueron realizadas por la Empresa Nacional de Puertos

del Perú (ENAPU). Los principales problemas que enfrentaba dicha empresa estaban vinculados con la insuficiente asignación de recursos financieros, la alta dependencia del presupuesto público, la cantidad excesiva de trabajadores y la falta de criterios técnicos en la realización de inversiones. Asimismo, la empresa también se enfrentaba a otros problemas asociados con el cálculo de las tarifas por el uso de la infraestructura, las cuales no eran realizadas sobre la base de los costos de mantenimiento y los ingresos percibidos mediante ella no eran destinados a la conservación de la infraestructura.

Como resultado de ello, durante la década de los 90 se inicia el proceso de reforma portuaria, cuyo objetivo era promover la inversión privada en las terminales marítimas de atraque directo y las terminales fluviales a cargo de ENAPU. Para ello, se creó el Comité Especial de Privatización de Puertos (CEPRI), quien era responsable de la concesión de los puertos públicos. El programa de concesiones supervisado por CEPRI, comprendía la concesión de las terminales portuarias de Paita, Salaverry, Chimbote, Callao Norte, General San Martín, Matarani e Ilo. Dichas terminales peruanas son las consideradas en la presente investigación.

El proceso de concesión se inició con la licitación de dos puertos relativamente pequeños: Matarani e Ilo. Ambos fueron subastados en mayo de 1999; sin embargo, sólo el primer proceso concluyó exitosamente. Tras la concesión de Matarani, el Congreso suspendió el proceso de concesión hasta la aprobación de un marco legal para el sector portuario. Así, el proceso de concesión se estancó durante muchos años y continuó un progreso lento. No es sino hasta el 2003 que el Congreso aprobó la Ley del Sistema Portuario Nacional, creando en el 2004 la Autoridad Portuaria Nacional (APN). Posteriormente, en el 2005 la APN aprobó El Plan de

Desarrollo Portuario Nacional, con lo cual se completó el marco jurídico necesario para retomar el proceso de concesiones.

Hoy en día las terminales marítimas de uso público que se encuentran concesionadas son: la terminal portuaria de Matarani, la terminal de contenedores muelle sur del puerto del Callao², la terminal portuaria de Paita³, la terminal de embarque de concentrados de minerales en el puerto del Callao y la terminal norte multipropósito del puerto del Callao⁴.

2.2 El sector portuario en Chile

Hasta mediados de los 90 el sistema portuario de Chile concentraba la gestión de sus principales puertos en la Empresa Portuaria de Chile (EMPORCHI). Los puertos gestionados por EMPORCHI comprenden los 10 puertos comerciales de uso público que son de propiedad estatal: el puerto de Arica, Iquique, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, San Antonio, Talcahuano-San Vicente, Montt, Chacabuco y Austral.

Los principales problemas que enfrentó EMPORCHI estaban relacionados, principalmente, con los retrasos en los servicios por la utilización de equipos obsoletos, la pérdida frecuente de la carga debido a la falta de coordinación entre las navieras y EMPORCHI, los altos costos de operación, los cuales podrían incluso ser mayores que los ingresos percibidos. Debido a los problemas que tenía EMPORCHI, a mediados de la década de los 90 se dio inicio a una serie de reformas. En diciembre de 1997, con la promulgación de la "Ley de Modernización del Sector Portuario Estatal", se crearon 10 empresas portuarias a lo largo de la costa Chilena, estas

² En julio de 2006 DP World Callao SRL recibe la concesión para la creación de la Nueva Terminal de Contenedores en la Zona Sur del Callao. La creación de la terminal duró algunos años y la empresa inició sus operaciones en mayo del 2010.

³ A fines del 2010 el puerto de Paita se entregó en concesión a la empresa Terminal Portuario Euroandino (TPE).

⁴ En el 2011, se introdujo inversión privada en las otras terminales del puerto de Callao.

empresas tenían como finalidad agilizar el proceso de inversión en infraestructura, incentivar mejoras tecnológicas, mejorar la gestión de los puertos y promover la competencia entre los mismos. Uno de los requisitos para el otorgamiento en concesión de un muelle o terminal era que exista otro capaz de servir a los mismos barcos dentro de los puertos o terminales estatales de la región. Esto permitió que las terminales concesionadas operen en un escenario competitivo con las terminales públicas dentro del puerto, lo que redujo el grado de regulación al respecto.

Así, a mediados de 1999 se dio inicio al proceso de concesiones, por licitación, de las principales terminales portuarias del centro de Chile: San Vicente, San Antonio y Valparaíso. De esta manera se crearon las empresas: San Vicente Terminal Internacional (SVTI), San Antonio Terminal Internacional (STI) y Terminal Pacífico Sur Valparaíso (TPS). Asimismo, ese mismo año se otorgó en concesión el puerto de Mejillones a la Empresa Portuaria Mejillones SA (Puerto Angamos). Posteriormente, a mediados del 2000, se concesionó una de las terminales del puerto de Iquique y del puerto de Antofagasta, creándose las empresas Iquique Terminal Internacional (ITI) y Antofagasta Terminal Internacional (ATI). Finalmente, a mediados del 2004, se entregó en concesión una terminal del puerto de Arica, convirtiéndose así en la Terminal Portuaria Arica (TPA). Estas terminales concesionadas en mención, son las terminales chilenas que serán evaluadas en la presente investigación.

Como se mencionó anteriormente, las reformas portuarias realizadas en Chile empezaron un poco antes que en el Perú y éstas se desarrollaron más rápidamente. El proceso de reformas portuarias estaba dirigido, principalmente, a fomentar la inversión privada a través de la concesión de las terminales. Las inversiones de los agentes privados se centraron, por un lado, en

aumentar y mejorar la infraestructura existente y por otro a realizar una mayor inversión en grúas y equipos.

Con la finalidad de atraer buques de mayor tamaño y con tecnología más moderna, la inversión en infraestructura estuvo orientada básicamente a incrementar el calado y la extensión de los muelles concesionados. Asimismo, la expansión de los patios de contenedores, almacenes y silos. Por otra parte, respecto a la inversión en grúas y equipos, se realizaron adquisiciones diversas. Entre las principales estuvieron las compras de grúas móviles, grúas portacontenedores, grúas de patio y fajas transportadoras de minerales.

Las reformas en Chile tuvieron como resultado el incremento de los buques de tamaño Panamax y post-Panamax hacia las terminales concesionadas, lo cual ha conllevado al aumento de cargas especializadas, principalmente carga contenedorizada. Asimismo, se generó una considerable disminución de los tiempos de transferencia de mercancías y un incremento en el tráfico de carga, principalmente de Bolivia por las terminales del norte de Chile. Por el contrario, los retrasos en el proceso de concesiones de las terminales en el Perú, terminales administrados por ENAPU, han provocado un retraso en las inversiones e ineficiencias en la provisión los servicios prestados dentro de los puertos, pues la mayoría de la infraestructura y maquinaria cuenta con una antigüedad mayor de 20 años. Las terminales que han sido concesionadas son la terminal portuaria de Matarani en 1999 y en los últimos años Paita y Callao Norte.

III. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE EFICIENCIA PORTUARIA

La literatura sobre medición de eficiencia en los puertos mediante modelos de frontera ha crecido sustancialmente desde los estudios empíricos que aparecieron por primera vez en la

década de 1990. Estos estudios se pueden agrupar en dos principales categorías, las cuales están en función del método utilizado para obtener la frontera. El primer conjunto de estudios utilizan modelos no paramétricos para calcular la eficiencia, siendo la metodología más usada la de Análisis de Envoltente de Datos (DEA). Los segundos son aquellos que emplean técnicas paramétricas para estimar la eficiencia, esta metodología se conoce como el análisis de frontera estocástica (SFA). Ambas técnicas son dos métodos alternativos para medir la eficiencia sobre la base de modelos de frontera. DEA y SFA permiten la derivación de los índices de eficiencia relativa dentro de un grupo de unidades de análisis, por lo que la eficiencia de las unidades se compara a través de una *envoltente eficiente*. Ambos métodos presentan ventajas y desventajas que se pueden resumir en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Ventajas y desventajas de la metodología DEA y SFA

	Metodología	
	DEA	SFA
Enfoque	No paramétrico	Paramétrico
Relación con el error	No explica el ruido	Explica el ruido
Permite medir	Eficiencia Técnica, Eficiencia de Escala, Eficiencia Asignativa y cambio en la TFP (con datos de panel).	Eficiencia Técnica, Economías de Escala, Eficiencia Asignativa y cambio en la TFP (con datos de panel).
Requerimientos de Información	Estándar: Cantidades de productos e insumos. Eficiencia en Costos: Cantidades de productos e insumos y precio de insumos. Eficiencia en Ingresos: Cantidades de productos e insumos y precio de los productos. Eficiencia en Beneficios: Cantidades de productos, insumos y precio.	Depende del modelo Usado. Función de Producción y distancia: Cantidad de productos e insumos. Función de costos: Costos, cantidad de productos y precio de insumos. Función de beneficios: beneficios, cantidades, precio de Insumos y productos.
Método de Estimación	Programación Matemática	Econometría
Otras observaciones	No requiere especificar una forma funcional. Sensible al número de variables, errores de medida y outliers. No realiza supuestos sobre la distribución del término ineficiencia.	Requiere la especificación de alguna forma funcional. Puede confundir ineficiencia con alguna mala especificación del modelo. Requiere especificar una forma funcional.

La segunda técnica, el de Análisis de Frontera Estocástica, es la metodología que se emplea en la presente investigación. Esta técnica emplea métodos econométricos para las estimaciones de la frontera y de la eficiencia. Los trabajos seminales se remontan en los realizados por Aigner et al. (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977). Con el fin de estimar la frontera de mejor práctica se ha optado por la metodología de SFA porque, en nuestro caso, debido a la heterogeneidad de la muestra y a que nuestro objetivo es explicar la ineficiencia, las ventajas de este método son mayores que sus desventajas. El Cuadro 2 proporciona una visión general de los estudios que utilizan esta técnica (SFA) para estimar la eficiencia en el sector portuario y se puede observar que los objetivos de éstas varían ampliamente al igual que el ámbito de la investigación.

En cuanto a los objetivos de los artículos, una cantidad cada vez mayor de estos analizan la influencia de ciertas variables ambientales sobre la eficiencia portuaria, como la estructura de propiedad (Liu, 1995; Cullinane y Song, 2003; Tongzon y Heng, 2005); el tamaño (Liu, 1995; Cullinane et al 2002; Coto-Millán et al 2000; Tongzon y Heng, 2005), los cambios regulatorios (Estache et al, 2002; Cullinane y Song, 2003; González y Trujillo, 2008 ; Rodríguez-Álvarez y Tovar, 2012) o la variabilidad de la demanda (Rodríguez-Álvarez et al 2011). Por último, y con respecto a los artículos que han utilizado la metodología Battese y Coelli (1995) en el sector portuario, sólo encontramos dos publicaciones, la de Tongzon y Heng (2005), quien busca explicar las diferencias en eficiencia de 25 terminales internacionales representando la tecnología mediante una función de producción Cobb Douglas y el de Rodríguez-Álvarez y Tovar (2010) quien tiene el mismo objetivo pero la muestra con la que trabaja corresponde a 26 terminales españolas y la tecnología la representa por medio de una función de costos translogaritmica.

La presente tesina, a diferencia de estos dos últimos artículos, considera como una mejor representación de la tecnología el emplear una función de distancia en vez de una función de producción o de costos. En primer lugar, porque la función de producción no recoge una característica importante de las terminales portuarias, la cual es que son entes que operan en un entorno multiproducto. En ese sentido, las mediciones de eficiencia se podrían ver alteradas al igual que el probar si ciertas variables específicas explican la diferencia en eficiencia de las terminales. En segundo lugar, el considerar una función de costos es apropiado si lo que se desea medir es la eficiencia asignativa y la eficiencia técnica. Sin embargo, el presente estudio sólo busca medir la eficiencia técnica con la finalidad de poder explicar la influencia de ciertas variables específicas en los niveles de eficiencia de las terminales. Finalmente, cabe señalar que la diferencia entre el presente estudio y el artículo de Chang y Tovar (2012) está en que el primero busca identificar los principales factores que explican las diferencias en eficiencia entre las terminales, mientras que este último tiene como objetivo principal medir los cambios en la productividad total de los factores (TFP) a través del tiempo y su descomposición, calculando para ello un Índice de Malmquist Paramétrico.

Cuadro 2 Revisión de los artículos que explican la eficiencia técnica usando SFA

Autor	Datos	Actividad	Modelo	Forma Funcional	Mide	Input	Output	Variables Ambientales
Liu 1995	28 A.P. Britanicas Panel 1983-1990	No especifica	SPF	Translog	TE	Trabajo (f) Capital (m)	Ingreso por servicios (m)	Propiedad, tamaño del puerto, ubicación, intensidad de capital.
Coto-Millan et al 2000	27 A.P. Españolas. Panel 1985-1989	Infraestructura	SCF	Translog Cobb-douglas	EE	Trabajo (f) Capital(m) Consumo Intermedio (m) Metros Lineales (f)	Total de Carga (f)	Tamaño del Puerto, tipo de organización.
Cullinane & Song 2003	5 terminales de contenedores (Corea y el Reino Unido) Panel 1978-1996	Administración	SPF	Cobb-Douglas	TE	Capital (m)	Facturación (m)	Propiedad, regulación.
Tongzon and Heng 2005	25 terminales internacionales Panel 1995-1997	Administración	SPF BC(95)	Cobb-Douglas	TE	Longitud de la terminal (f) Área del terminal (f) Grúas de muelle (f)	Rendimiento de contenedores (p)	Participación del sector privado, ubicación, tamaño del puerto.
Trujillo & Tovar 2007	22 A.P. Españolas 2002	Infraestructura	SDF (OO)	Cobb-Douglas (M)	TE	Trabajo (f) Superficie (f)	Contenedores (f) No Contenedores (f) Pasajeros (f)	Tasa de Contenedorización
Gonzalez & Trujillo 2008	9 A.P. Españolas Panel 1990-2002	Infraestructura	SDF (OO)	Translog (M)	TE	Trabajo (f) Amarraderos (f) Superficie (f)	Contenedores (f) Granel Líquido (f) Otro tipo de carga (p) Pasajeros (f)	Ubicación, existencia de refinerías de petroleo, cambios en regulación
Rodriguez-Alvarez &Tovar 2010	26 Terminales Españoles 1993-2007	Infraestructura	SCF BC(95)	Translog (M)	TE	Trabajo (f) Capital (m) Consumo Intermedio (m)	Granel Sólido (f) Granel Líquido (f) Carga General (f) Pasajeros (f)	Tasa de Contenedorización Tendencia
Rodriguez-Alvarez et al 2011	3 Terminales Españoles 1991-1999	Administración	SCF	Translog (M) y ecuaciones de participación	OMCE VACE	Trabajadores no portuario (f) Trabajadores portuarios en planilla (f) Otros trabajadores portuarios (f) Capital (m) Consumo intermedio (m)	Contenedores (f) No contenedores (f)	Varibilidad de la Demanda
Chang & Tovar 2012	14 Terminales Peruanos y Chilenos 2004-2010	Administración	SDF (OO)	Translog (M)	TE TFP	Trabajo (f) Capital (m)	Contenedores (f) Carga General (f) Carga a Granel (p)	País

A.P.= Autoridad Portuaria; SPF =Función de Producción Estocástica; SCF =Función de Costos Estocástica; SDF =Función de Distancia Estocástica; TE= Eficiencia Técnica; AE = Eficiencia Asignativa, EE = Eficiencia Económica; IO = Orientación Input; OO = Orientación Output; M = Multiproducto, SE = Ecuación de participación OMCE = Mix de Output Ajustado de Costos Eficientes; VACE = Varianza Ajustada de Costos Eficientes, BC(95) = Battese y Coelli (1995) model, (f)=Medido en unidades físicas; (m)=Medición monetaria.

IV. METODOLOGÍA

La estimación de una frontera eficiente, tiene como finalidad medir el desempeño de diferentes unidades de producción y fue propuesto por Farrell (1957), quien define la frontera de producción eficiente como la cantidad máxima de producto que se puede obtener a partir de un conjunto dado de insumos. Desde entonces, varias líneas de investigación se han desarrollado en el campo del análisis de la eficiencia, y el presente estudio pertenece a aquellos que tratan de explicar las causas de la ineficiencia usando estimaciones paramétricas de la frontera estocástica⁵.

Los primeros estudios empíricos que abordan este tema, trataron de determinar las causas de la ineficiencia técnica mediante una regresión en segunda etapa, donde se explica la ineficiencia, en diferentes industrias, por un vector de características específicas de la empresa, incluyendo el tamaño, la antigüedad y el tipo de propiedad. Estos primeros modelos de dos etapas tenían problemas de consistencia⁶, lo cual dio origen a otras propuestas metodológicas donde las ineficiencias son expresadas como una función explícita de un vector de variables específicas de las empresas y un error aleatorio.

Battese y Coelli (1995) propusieron un modelo para analizar los factores que determinan la evolución de la ineficiencia económica, en términos de un conjunto de variables explicativas que pueden variar con el tiempo. Este modelo permite la variación en el tiempo de las ineficiencias estimadas, y el uso de datos de panel. El modelo se puede entender como un sistema de ecuaciones, donde la primera ecuación:

⁵ El enfoque no paramétrico y las mediciones paramétricas de eficiencia son utilizados en la literatura aplicada (véase Lovell, 1993). En este trabajo se ha optado por un método paramétrico siguiendo Battese y Coelli (1995) porque es una manera consistente para modelar la ineficiencia y analizar sus drivers.

⁶ En la primera etapa se estima las ineficiencias y se asume que los términos de error son i.i.d., mientras que en la segunda etapa que se considera que son específicos de la empresa.

$$y_{it} = \exp(\alpha + x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

modela la tecnología de la industria, donde y_{it} es la producción de la empresa i en el período t , x_{it} es el vector de los insumos utilizados por la empresa i en el período t , y β es un vector de parámetros desconocidos a estimar. Los componentes del término de error, v_{it} y u_{it} , representan el ruido estadístico y la ineficiencia técnica, respectivamente.

En el artículo de Battese y Coelli (1995) v_{it} representa las perturbaciones aleatorias, que se asumen que son i.i.d., distribuidos como $N(0, \sigma_v^2)$, e independiente de la ineficiencias técnicas u_{it} . Cabe señalar que u_{it} es una variable aleatoria no negativa, que capta los efectos de ineficiencia técnica en la producción, y se supone que se distribuye de forma independiente $N(Z_{it}\delta, \sigma_u^2)$, que está truncada en cero. El vector Z_{it} contiene un conjunto de variables explicativas observables asociados con la eficiencia técnica de la empresa, w_{it} representa las perturbaciones aleatorias, que se asumen que son i.i.d., distribuidos como $N(0, \sigma_w^2)$ y δ es un vector de parámetros a estimar. Por lo tanto, la segunda ecuación, la cual modela la ineficiencia técnica, puede expresarse como:

$$u_{it} = \delta_0 + Z_{it}\delta + w_{it} \quad (2)$$

$$i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

De esta manera, los valores medios de las correspondientes distribuciones normales truncadas no son idénticos para todas las unidades, a pesar de que son funciones de las mismas variables y parámetros. Esta consideración nos permite recuperar la eficiencia técnica de la unidad i en el periodo t de la expresión:

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

En este trabajo se utiliza el modelo propuesto por Battese y Coelli (1995) con dos ligeras variaciones. La primera es que, con el fin de tener en cuenta la heterogeneidad⁷ específica de las empresas observadas, se ha propuesto estimar el modelo en un contexto de *modelo de efectos fijos* (MEF) mediante la introducción de variables ficticias para cada empresa en la función que modela la tecnología y capturar de esta manera la heterogeneidad no observada⁸. La segunda variante es que, en lugar de una función de producción, se empleará una función de distancia radial, pues esta presenta ciertas ventajas cuando la industria analizada es multiproducto⁹.

La función de distancia puede contemplar una orientación al input o una orientación al output. La elección del tipo de orientación se realiza en base a sobre qué conjunto de variables, inputs u outputs, la empresa tiene mayor decisión o control. Como menciona Cheon et al (2010), cuando analiza el cambio en la productividad de 98 puertos importantes "... si se considera que la gestión de los puertos no tiene control sobre los outputs, los puertos, para obtener ganancias en eficiencia técnica pura, sólo lo podrán hacer ajustando sus inputs (factores de producción). Esta visión correspondería a un modelo basado en los inputs para la proyección de la frontera. Por el contrario, si las inversiones de infraestructura portuaria son desiguales y por lo tanto los puertos tienen poco control sobre el ajuste de los inputs en un corto período de tiempo, los puertos optarían por maximizar sus outputs dado los niveles de inputs. Esta perspectiva es el enfoque de los modelos orientados a los outputs". En aplicaciones empíricas se encuentran artículos con

⁷ Un número de estudios han criticado el modelo propuesto por Battese y Coelli (1995) y rechazan su uso en industrias de redes con fuerte heterogeneidad no observada (ver Greene, 2005 y Farsi et al, 2005, entre otros). El problema es que el modelo de Battese y Coelli (1995) analiza los datos como un conjunto de datos agrupados. Si existe la presencia de heterogeneidad entre las empresas y ésta no se recoge explícitamente en el modelo, habrá un problema de variables omitidas y los coeficientes estimados de las variables incluidas en el modelo serán sesgadas.

⁸ La principal ventaja de considerar los datos como un panel y estimar los parámetros considerando ello en lugar de los datos agrupado es que es posible capturar las diferencias no observables sistemáticas entre empresas.

⁹ Permite la captura de procesos de producción multiproducto, no requiere el uso de supuestos de optimización, sólo usa los datos de unidades físicas y, por lo tanto, no es necesario disponer de información sobre precios de los productos ni de los factores de producción.

ambas orientaciones (González y Trujillo, 2009;. Panayides, et al, 2009). En el presente trabajo se adopta una orientación output al igual que otros autores que consideran que los puertos están más cerca de ser maximizadores outputs en lugar de minimizadores de inputs (Tongzon, 2001; Cullinane et al, 2004;. Trujillo y 2007, Tovar y Cheon et al, 2010).

Una función de distancia orientada al output se define como el menor escalar por el que todos los productos se pueden dividir proporcionalmente, utilizando el mismo nivel de los factores productivos.

$$D_0(y_p, x_p, d_p; \alpha, \beta, \psi) = \left\{ \min \mu: \frac{y_r}{\mu} \in P(X) \right\} \quad (4)$$

Esta función representa la máxima expansión que puede producirse en el vector de outputs y_i , dado un vector de inputs x_i . Se mide a través de un parámetro positivo μ que divide al vector de outputs, y la función de distancia toma el valor de 1, cuando la empresa es eficiente y por lo tanto está en la frontera; y ésta toma un valor entre 0 y 1, cuando la empresa es ineficiente, es decir se encuentra dentro del conjunto de posibilidades de producción.

La fórmula general de una función de distancia estocástica orientada al output se escribe como:

$$1 = D_0(y_p, x_p, d_p; \alpha, \beta, \psi) * \exp\{v_p - u_p\} \quad (5)$$

donde $D_0(y_p, x_p, d_p; \alpha, \beta, \psi)$ es la función de distancia orientada al output; y es un vector de outputs, x es un vector de inputs, d es un vector de variables específicas, denominadas en la literatura como variables ambientales, p denota la terminal portuaria y α, β, ψ son los parámetros a ser estimados. Las variables v_p y u_p representan el componente del ruido estadístico y el nivel de eficiencia técnica (TE) respectivamente.

Los trabajos econométricos empíricos de funciones de distancia requieren la especificación de una forma funcional adecuada. Es deseable que la forma funcional presente las siguientes ventajas: ser flexible, ser fácil de calcular y, por último, que permita la imposición de la condición de homogeneidad. La forma funcional translogarítmica cumple estas condiciones y ésta es la razón por la que, en la actualidad, la mayoría de los autores la utilizan en muchos campos de investigación.

Con la finalidad de determinar la frontera, D_0 ; ésta tiene que ser igual a uno y, en este caso, el término de la izquierda de la ecuación, de acuerdo con el logaritmo neperiano, será igual a cero. Asimismo, es necesario que los productos cumplan la condición de homogeneidad de grado 1. Por otro lado, para estimar la ecuación, es necesario determinar el término de error aleatorio. El método más común para hacerlo fue desarrollado por Battese y Coelli (1988), quien aplica un término aditivo como sugiere Cuesta y Orea (2002), para tener en cuenta el hecho de que estamos estimando una función de distancia orientado al output. El término de error por lo tanto tiene la siguiente forma: $v_i + u_i$, donde v_i es un término de error simétrico, i.i.d. (independientes e idénticamente distribuidas) con una media de cero (que representa las variables aleatorias no controlables por el operador) y u_i es un término de error negativo unilateral y se distribuye de forma independiente de v_i . Aplicado a la función de distancia, la cual también ha sido normalizada, resulta:

$$-\ln(y_{Mi}) = TL_0 \left(x_i, \frac{y_i}{y_{Mi}}; \alpha, \beta, \delta \right) + v_i + u_i \quad (6)$$

Por otro lado, la segunda ecuación (2) nos permite modelar los efectos de la ineficiencia técnica, en función de las variables específicas de las empresas que consideramos pueden influir en la eficiencia de las terminales portuarias.

V. DATOS

Para estimar la función de distancia paramétrica se consideraron las principales terminales marítimas de uso público¹⁰ de Perú y Chile. De este modo, se obtuvo información de 14 terminales durante un período de 7 años, de 2004 a 2010. Las terminales peruanas analizadas fueron las terminales de Paita, Salaverry, Chimbote, Callao Norte, San Martín, Matarani e Ilo. Las terminales chilenas incluidas en el análisis fueron TPA, ITI, Puerto Angamos, ATI, TPS, STI y SVTI.¹¹ Como se mencionó anteriormente, en el caso de Perú, en 2010, las terminales en conjunto movilizaron el 100% del tráfico de carga total movilizada por las terminales públicas de atraque directo en el país y en el caso de Chile, estas representaban el 85%.

Las variables de interés fueron aquellas asociadas, principalmente, con los productos, los insumos y aquellas variables ambientales que podrían influir en los niveles de eficiencia. Respecto a las variables asociadas a los productos, teniendo en cuenta la característica multiproducto de las terminales portuarias, se obtuvo información desagregada sobre los tipos de carga movilizada, es decir, carga en contenedores (en TEU, unidades en Miles de Toneladas,-TM en adelante), general y rodante (TM), así como carga a granel (TM).

Con respecto a las variables asociadas a los insumos, la información se obtuvo a partir de variables proxies de trabajo y capital. En el caso del factor trabajo se obtuvo información sobre el número de trabajadores, mientras que en lo que respecta al factor capital, la información contable se obtuvo de cada terminal, como el stock de activos fijos netos, el cual se convirtió a valores

¹⁰ Terminales de atraque directo

¹¹ Los datos a utilizar se obtuvieron de varias fuentes. Con respecto a las terminales de Perú, éstas se obtuvieron a partir de las memorias anuales de ENAPU, TISUR y TPE. Asimismo, a partir de los estados financieros auditados de las empresas y de los informes de contabilidad regulatoria provistos por el Organismo Regulador de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN). Por otro lado, los datos de las terminales chilenas fueron obtenidas de las memorias anuales de cada empresa, la Cámara Marítima y Portuaria de Chile AG, la Subsecretaría Chilena de Transporte y la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) de Chile.

constantes (año 2000 = 100) y las variables físicas, como el número de amarraderos y maquinaria.

Además, se obtuvo información complementaria con lo que generó un conjunto de posibles variables ambientales que podrían explicar las diferencias en la eficiencia de las terminales analizadas. Las variables ambientales consideradas fueron: tasa de granel, índice de contenedorización, la tasa de ocupación, y variables ficticias para el terremoto en Chile, la crisis financiera, el tipo de operador (mono-operador o multi-operador), la estructura del mercado (integrada y no integrada), la característica de la unidad analizada (puerto o terminal), el tipo de gestión (pública o privada) y una variable ficticia país.

La información obtenida es suficiente para estimar diversos modelos, dependiendo de cuánto se agregan los productos, los insumos correspondiente y el número de variables ambientales incluidas. Los mejores resultados econométricos se obtuvieron a partir de una función distancia translogarítmica orientada a la producción con tres productos: carga en contenedores, carga general y carga rodante y granel, todos ellos medidos en miles de toneladas; dos insumos: el trabajo y el stock de activos fijos netos; y cuatro variables ambientales: Tasa de Granel, Índice de Contenedorización, la Tasa de Ocupación y el tipo de gestión (pública o privada).

La función de distancia estocástica translogarítmica orientada hacia el output a estimar es¹²:

¹² Se realizó la estimación empleando el programa Frontier, version 4.1, desarrollado por Coelli (1996).

$$\begin{aligned}
-\ln(y_{3it}) = & \alpha_0 + \beta_1 \ln y_{1it}^* + \beta_2 \ln y_{2it}^* + \alpha_1 \ln x_{1it} + \alpha_2 \ln x_{2it} + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln y_{1it}^*)^2 \\
& + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln y_{2it}^*)^2 + \frac{1}{2} \beta_{12} \ln y_{1it}^* \ln y_{2it}^* + \frac{1}{2} \alpha_{11} (\ln x_{1it})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} (\ln x_{2it})^2 \\
& + \frac{1}{2} \alpha_{12} \ln x_{1it} \ln x_{2it} + \gamma_{11} \ln y_{1it}^* \ln x_{1it} + \gamma_{12} \ln y_{1it}^* \ln x_{2it} \\
& + \gamma_{22} \ln y_{2it}^* \ln x_{2it} + \gamma_{21} \ln y_{2it}^* \ln x_{1it} + \sum_{k=2}^{14} \theta_k + v_{it} \\
& + u_{it}
\end{aligned} \tag{7}$$

donde $y_{1it}^* = \frac{y_{1it}}{y_{3it}}$ y $y_{2it}^* = \frac{y_{2it}}{y_{3it}}$

La variable y representa a los productos (y_1 es contenedores, y_2 es granel y y_3 es general + rodante), x a los factores de producción (x_1 es trabajador y x_2 es capital), i se refiere a la empresa i -ésima, $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ son parámetros a estimar. Se ha incluido variables ficticias para capturar efectos específicos, denominada terminal portuaria, v_{it} es un términos de error simétrico, i.i.d con una media de cero (que representa las variables aleatorias que no pueden ser controlados por el operador) y u_{it} representa la ineficiencia económica como hemos explicado antes, es un término de error negativo de un solo lado (que mide la ineficiencia técnica de cada operador) y se distribuye de forma independiente de v_{it} .

Los componentes de u_{it} se muestran en la segunda parte del sistema de ecuaciones, ecuación (8), la cual nos permite modelar los efectos de la ineficiencia técnica, en función de las variables específicas de las empresas que consideramos pueden influir en la eficiencia de las terminales portuarias. Se probaron diferentes variables¹³ y como se mencionó anteriormente, el mejor

¹³ La tasa de granel, el índice de contenedorización, la tasa de ocupación, y variables ficticias para el terremoto en Chile, la crisis financiera, el tipo de operador (mono-operador o multi-operador), la estructura del mercado (integrada y no integrada), las características de la unidad analizada (puerto o terminal) el tipo de gestión (pública o privada) y una variable ficticia país.

modelo considera las variables tasa a granel, el índice de contenedorización, la tasa de ocupación y el tipo de gestión (pública o privada), $Dgest$.

$$u_{it} = \delta_1 \text{tasa de granel}_{it} + \delta_2 \text{índice de contenedorización}_{it} + \delta_3 \text{tasa de ocupación}_{it} + \delta_4 Dgest_{it} + w_{it} \quad (8)$$

donde $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ son los parámetros a estimar y w_{it} es una variable aleatoria obtenida de la distribución normal truncada, donde $(-Z_{it}\delta)$ es el punto de truncación.

La tasa de granel se define como el cociente de la carga a granel respecto a la carga total y el índice de contenedorización, como el cociente de la carga contenedorizada respecto al total de la carga general. Estas son dos variables que explica el grado de mecanización en las terminales y la idea es discernir entre el grado de mecanización que se necesita para administrar cargas a granel, en contenedorizada y no en contenedorizada de carga general en las terminales, lo cual puede afectar de alguna forma la eficiencia portuaria. Por otro lado, la tasa de ocupación se define como el cociente de las horas efectivas en que están ocupados los amarraderos respecto a las horas potenciales; ésta es una variable que toma en cuenta la capacidad ociosa de las terminales. Se espera que una mayor tasa de granel, índice de contenedorización o tasa de ocupación conlleven a una situación más eficiente. Por último, el tipo de gestión (pública o privada), $Dgest$, toma el valor 1 para las empresas privadas y 0 para las empresas públicas; respecto a dicha variable se espera que las empresas privadas muestren un mayor nivel de eficiencia técnica comparado con las empresas pública, pues el proceso de reformas ha reducido las barreras burocráticas que poseían las empresas públicas, lo que llevó a acelerar las inversiones en las terminales concesionadas y permitió una mayor flexibilidad en la contratación de personal portuario calificado. La estadística descriptiva de estas variables se puede ver en el Cuadro 3

Cuadro 3 Estadística descriptiva de las variables empleadas

	Contenedores	Carga general y rodante	Graneles	Trabajadores	Stock de activo fijo neto	Tasa de Granel	Índice de contenedorización	Tasa de ocupación	Dgest
	(TM)	(TM)	(TM)	(Unidad)	(Año 2000=100)				
Promedio	2080385	332005	1224258	204	12370	0.38	0.64	0.31	0.58
Máximo	10737951	1715919	8281187	916	53864	0.93	0.98	0.66	1
Mínimo	1	10589	1	22	834	0	0	0.09	0
Desv. Estándar	2847340.79	342210.88	1735103.27	224.38	12188.81	0.3	0.34	0.14	0.5

Nota:

Tasa de granel= carga a granel(TM)/carga total(TM).

Tasa de ocupación= Ocupación de amarraderos (horas efectivas)/ Ocupación de amarraderos (horas potenciales).

Dgest = 1 si la terminal está gestionada por un Puerto privado y 0 en otros casos.

VI. RESULTADOS EMPÍRICOS

El Cuadro 4 y Cuadro 5 muestran la estimación por máxima verosimilitud de los parámetros del sistema compuesto por la función de distancia y la ecuación que explica la ineficiencia. Se puede observar que todos los parámetros de primer orden son estadísticamente significativos y tienen el signo correcto. Esto muestra que la función de distancia estimada cumple con todas las propiedades teóricas esperadas. Las condiciones de regularidad se satisfacen para el promedio de la muestra, lo que implica que la función de distancia orientada hacia los productos es decreciente en insumos y creciente en los productos.

Las variables se encuentran en logaritmos, por lo tanto, los parámetros de primer orden pueden ser interpretados como elasticidades. Además, los parámetros de varianza σ^2 , y γ , son estadísticamente significativos al 5% de nivel de significancia, y el valor estimado del parámetro γ es de 0,91, lo que indica que, para la muestra de las terminales analizadas, los efectos asociados a la ineficiencia son más significativos que los relacionados con el ruido estadístico.

Cuadro 4 Resultados de la Estimación de la Frontera de distancia

Variable	Coefficiente	Error estándar	Razón t
<i>Frontera de Distancia Estocástica orientada hacia los productos¹</i>			
<i>constante</i>	-1.9710	0.1916	-10.2855
<i>contenedor</i>	0.3147	0.3717	8.4670
<i>granel</i>	0.3638	0.0395	9.1991
<i>trabajado</i>	-0.2687	0.1164	-2.3072
<i>capital</i>	-0.1443	0.0732	-1.9699
<i>contenedor * contenedor</i>	0.0282	0.0053	5.3009
<i>granel * granel</i>	0.0620	0.0070	8.8699
<i>contenedor *granel</i>	0.0106	0.0060	1.7801
<i>trabajo * trabajo</i>	-0.0090	0.1872	-0.0481
<i>capital * capital</i>	-0.1256	0.0993	-1.2653
<i>trabajo * capital</i>	0.0354	0.1161	0.3047
<i>contenedor* trabajo</i>	0.1361	0.0465	2.9275
<i>contenedor * capital</i>	0.0598	0.0458	1.3071
<i>granel * trabajo</i>	-0.0942	0.0271	-3.4715
<i>granel * trabajo</i>	-0.0206	0.0216	-0.9562
<i>D₂</i>	0.9289	0.2148	4.3245
<i>D₃</i>	-0.2966	0.2583	-1.1481
<i>D₄</i>	1.8822	0.6254	3.0096
<i>D₅</i>	0.8364	0.2134	3.9188
<i>D₆</i>	2.0830	0.1667	12.4945
<i>D₇</i>	1.1983	0.2157	5.5541
<i>D₈</i>	0.9861	0.1510	6.5286
<i>D₉</i>	1.2236	0.1495	8.1830
<i>D₁₀</i>	0.6996	0.0965	7.2475
<i>D₁₁</i>	0.1534	0.2327	0.6592
<i>D₁₂</i>	0.6364	0.2380	2.6739
<i>D₁₃</i>	1.0384	0.2701	3.8441
<i>D₁₄</i>	-2.1122	0.9139	-2.3112

¹Se estimó la función de distancia estandarizando los productos respecto a la carga fraccionada y rodante

Cuadro 5 Resultados de la Estimación de la Ecuación que explica la ineficiencia

Variable	Coefficiente	Error estándar	Razón t
<i>Ecuación que explica la ineficiencia</i>			
<i>tasa de Granel</i>	-0.1414	0.0644	-2.1943
<i>índice de Contenedorización</i>	-0.0409	0.0220	-1.8562
<i>tasa de Ocupación</i>	-0.7758	0.1408	-5.5128
<i>Dgest</i>	-1.3635	0.8866	-1.5378
<i>Parámetros de la Varianza</i>			
σ^2	0.0829	0.0167	4.9550
γ	0.9114	0.0369	24.6744
<i>Log-verosimilitud</i>	59.7626		

Nota: *Dgest* es una variable ficticia que toma el valor de 1 si la terminal es gestionada por una empresa privada.

Con la finalidad de justificar la forma funcional adoptada, se realizaron una serie de pruebas de hipótesis, imponiendo de esta manera diversas restricciones. Todas las pruebas se llevaron a cabo con respecto al modelo translogaritmico sin restricciones. Empezamos a verificar si una especificación Cobb-Douglas de la función de distancia es una representación adecuada de la tecnología, y la hipótesis nula fue rechazada al 1% de nivel de significancia. Asimismo, se probó si las variables ficticias de puertos, que captura efectos fijos asociados a cada terminal, era cero y nuevamente la hipótesis nula fue rechazada al 1%. Las pruebas restantes se refieren a la especificación de los efectos de ineficiencia. En primer lugar, se probó y se rechazó al 1% la hipótesis de la no existencia de la eficiencia técnica en el término de error. Por último, la hipótesis nula de que las variables incluidas en el modelo que explica la ineficiencia no tienen ningún efecto sobre el nivel de ineficiencia técnica también fue rechazada al 1% de nivel de significancia.

Los resultados muestran que el nivel de ineficiencia en la muestra de terminales portuarias se explica por las variables consideradas (ver Cuadro 5). Un parámetro negativo significa que la ineficiencia disminuye, si el valor de la variable asociado a dicho parámetro se incrementa. Como era de esperarse, el coeficiente relacionado con la tasa de granel, índice de contenedorización, y la tasa de ocupación son negativos, lo que sugiere que todas las variables contribuyen a reducir la ineficiencia. Por otra parte, el parámetro asociado al tipo de gestión (*Dgest*) también es negativo lo que indicaría que la gestión privada o algún aspecto que difiere a las empresas públicas y privadas reduce la ineficiencia. Sin embargo, este resultado podría estar relacionado con el entorno institucional en el que operan las empresas privadas y públicas en América Latina, más que el tipo de propiedad, ya sea pública o privada.

Por otro lado, aunque la tasa de granel y la tasa de ocupación son estadísticamente significativas a los niveles usuales (5% y 1%), el índice de contenedorización y *Dgest* son significativas al 10%. Pese a ello se optó por no retirarlas del modelo estimado, debido a las pruebas de la significación conjunta realizadas sobre los factores que explican de la ineficiencia.

Los resultados obtenidos de los niveles de eficiencia muestran que, en promedio, entre 2004 y 2010, las terminales portuarias operaban con un nivel de eficiencia relativa del 83.76%, es decir, estas pudieron haber aumentado en 16,24% sus productos con la misma cantidad de insumos. Las terminales de Matarani, STI, Puerto Angamos, ATI STI, TPA, ATI e ITI resultaron ser los más eficientes, seguidos de Callao Norte, Paita Salaverry y TPS, y los menos eficientes fueron: San Martín de Ilo y Chimbote. Nuestros resultados, como los encontrados por Chang y Tovar (2012) muestran que las terminales portuarias ubicadas en Chile son más eficientes que las de Perú. Este resultado es el esperado y estaría asociado, principalmente, con la mayor agilidad en el proceso de reformas llevadas a cabo en Chile, lo cual ha permitido una mayor participación privada en las terminales a través de una mayor inversión en infraestructura y tecnología.

Como se mencionó anteriormente, existe evidencia de que las terminales chilenas son más eficientes que las peruanas. Todas las terminales chilenas fueron concesionadas para todo el período de análisis al igual que la terminal peruana de Matarani y la terminal de Paita en Perú recién a partir del cuarto trimestre de 2009. Por lo tanto, estos resultados sugieren que las terminales operadas por empresas privadas son más eficientes y refuerza el argumento de que el tipo de gestión (*Dgest*) es una de las variables que explican las diferencias en la eficiencia de las terminales analizadas. Es decir, el hecho de que las terminales sean operadas por empresas privadas reduce los niveles de ineficiencia en las terminales analizadas.

La terminal de Matarani fue una de las primeras experiencias en concesiones portuarias en el Perú y desde su concesión se ha incrementado significativamente la inversión en infraestructura y equipos especializados en dicha terminal. Se han hecho inversiones principalmente para ampliar la capacidad de almacenamiento de los silos de grano, la instalación de una torre absorbente para los graneles, la extensión de la cinta transportadora de minerales, la adquisición de un nuevo sistema de embarque minerales y una grúa móvil Gottwall. Todo esto ha significado que hoy sea reconocida como la terminal portuaria más eficiente del Perú.

Respecto a las otras terminales peruanas, no ha habido inversiones significativas desde hace muchos años, a excepción de las efectuadas en la terminal de Callao Norte con la compra de dos grúas pórtico de muelle y dos grúas de patio, las cuales empezaron a operar a partir del 2009. Cabe señalar que Callao Norte es la principal terminal del Perú, moviliza el 73,0% de la carga respecto al total movilizado por las terminales de uso público del Perú y hasta mediados de 2010 era la única terminal en el puerto del Callao.¹⁴

En cuanto a las terminales chilenas, el proceso de concesión se llevó a cabo con éxito y se dio un incremento de las inversiones en infraestructura y equipos especializados en todas las terminales concesionadas. Principalmente se incrementó el calado y la longitud de casi todas las terminales concesionadas. Asimismo, se mejoraron y ampliaron los patios de contenedores, almacenes y silos para granos. Por otra parte, respecto a la inversión en grúas y equipo, se adquirieron principalmente grúas móviles, grúas porta contenedores, grúas de patio y equipos especializados para el transporte de minerales.

¹⁴ A mediados de 2010 el Muelle Sur, el cual se concesionó en mayo de 2006 a la empresa DPWorld, inició sus operaciones.

Por otra parte, los resultados de las estimaciones para los otros factores que explican la ineficiencia, muestran que una mayor tasa de granel y un mayor índice de contenedorización contribuyen a reducir la ineficiencia. Es decir, el hecho de que las terminales movilicen una mayor proporción de graneles respecto al total de carga movilizada reduce la ineficiencia. Asimismo, el movilizar una mayor proporción de carga general en contenedores ayuda a reducir la ineficiencia. Ambos resultados son los esperados y es consistente con las características de la industria portuaria en Chile y Perú.

En el caso de la variable tasa de granel, esta evidencia que es más fácil la movilización de graneles en comparación con otras cargas en ambos países. Este resultado está asociado principalmente a mejoras en el tiempo de carga, descarga y manipulación de la misma en las terminales concesionadas. En el caso de las terminales de Chile, sobre todo los del norte, estos atraen una mayor cantidad de carga a granel (cobre): TPA, ITI, Puerto Angamos y ATI. Las inversiones en la adquisición de cintas transportadoras, torres absorbentes de minerales y grúas especializadas en este tipo de carga han mejorado el tiempo de carga, descarga y manipulación, lo cual ha contribuido a reducir los niveles de ineficacia. En cuanto a las terminales peruanas, especialmente aquellas que movilizan grandes volúmenes de carga a granel, tales como: Salaverry, San Martín, Callao Norte y Matarani, a pesar de no haber realizado inversiones significativas en equipos especializados en ese tipo de carga (excepto Matarani), han experimentado una mayor demanda de servicios portuarios de carga a granel, pero sin mejorar significativamente el tiempo de carga, descarga y manipulación dentro de las terminales, implicando ello que de alguna manera se reduzcan los niveles de ineficiencia.

La variable de índice de contenedorización también ha mostrado ser una de las variables que contribuyen a reducir la ineficiencia. Lo cual muestra como era de esperarse que la carga, descarga y manipulación de una mayor proporción de carga general en contenedores contribuye a reducir la ineficiencia en las terminales. Estos resultados están asociados con el proceso de contenedorización de la carga y el desarrollo de buques comerciales altamente especializados.

El proceso de contenedorización inicialmente ha requerido que los barcos incorporen sus propias grúas para la carga y descarga de contenedores del barco al muelle y viceversa. Posteriormente, dado el excesivo espacio que ocupaban dichas grúas en el interior del buque, la industria se ha visto en la necesidad de realizar un cambio en la tecnología de las terminales e implementar grúas pórtico de muelle y otras grúas especializadas en contenedores, así como otros equipos para el manejo de este tipo de carga en el interior de la terminal. Este cambio ha permitido mejorar aún más el tiempo de carga, descarga y manipulación de carga general. Por un lado debido a que la unificación de la carga en contenedores ha reducido significativamente las operaciones de estiba dentro de la bodega del buque (cuando la mercancía se encuentra en paquetes pequeños y necesitan para ser manejado por muchos trabajadores exige una gran cantidad de horas-hombre). Por lo tanto, dado el mismo tonelaje, mayor es la unidad de carga (contenedores de 20 o 40 pies), menor es el número de unidades que deben ser manipulados, lo que reduce las horas-hombre en las operaciones de estiba, y dará lugar a una mayor reducción de ineficiencia.

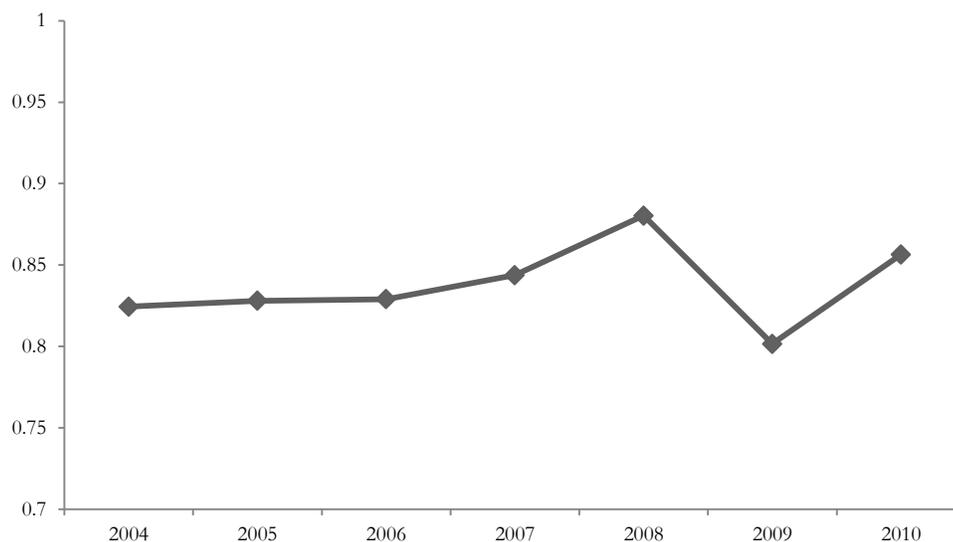
Cabe resaltar que la única terminal peruana que posee grúas especializadas para la carga y descarga de contenedores es Callao Norte, quien adquirió dos grúas pórtico de muelle en el 2009. Por el contrario, todas las terminales chilenas poseen grúas portacontenedores y otros equipos especializados para la carga, descarga y transferencia de contenedores. No poseer grúas

especializadas de muelle para atender la carga contenedorizada dan como resultado la llegada de barcos menos eficientes, quienes en el mejor de los casos, poseen sus propias grúas o sólo transportan carga no contenedorizada, lo cual afecta significativamente la eficiencia de estas terminales.

Por último, otra de las variables que explican la ineficiencia de las terminales analizadas es la tasa de ocupación, la cual mide la proporción de horas efectivas que las terminales están siendo utilizados respecto al total de horas potenciales. Es decir, cuando la capacidad no utilizada de las terminales se reduce, los niveles de ineficiencia también se ven reducidos. Este resultado se explica por dos factores derivados del proceso de concesiones. En primer lugar, el aumento del calado y la longitud de las terminales han originado la llegada de barcos más grandes como los Panamax, y en menor medida post-Panamax, los cuales permanecen más tiempo en las terminales dado el mayor volumen de carga que llevan. En segundo lugar, las mejoras en las transferencias de carga y la reducción de los tiempos de espera en la terminal ha permitido a muchos de ellos atraer mayor de carga en transferencia principalmente de Bolivia.

La Figura 1 muestra la evolución temporal promedio anual de todas las terminales analizadas. Como puede observarse, los niveles de eficiencia han obtenido buenos resultados desde el 2004 hasta 2008 creciendo a una tasa promedio anual de 1,67%, incrementado la eficiencia de 82,44% en 2004 para alcanzar su nivel más alto de 88,03% en 2008. Posteriormente se muestra una fuerte caída de -9,0% en 2009, influenciado principalmente por la crisis financiera internacional que tuvo lugar en 2008. El impacto de la crisis afectó a la demanda de servicios portuarios, ya que tienen la característica de ser una demanda derivada. Finalmente, en el año 2010 se evidencia una recuperación, pero ésta no llegan al nivel de eficiencia alcanzado en el 2008.

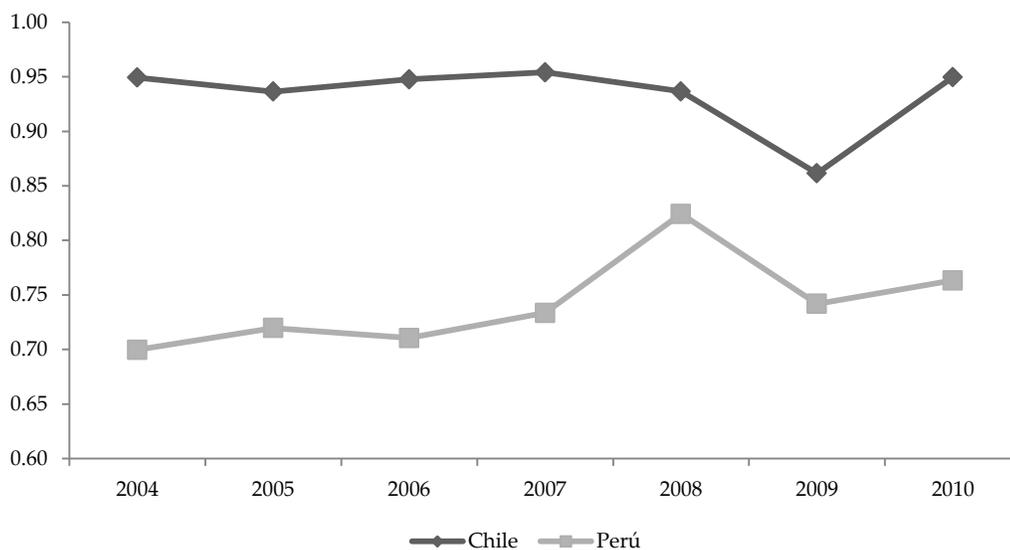
Figura 1 Eficiencia técnica promedio por año (2004-2010)



Sin embargo, la Figura 1 no nos permite comparar la evolución de la eficiencia en cada país (Perú y Chile), ya que sólo muestra los niveles promedio de rendimiento por año de manera agregada. En ese sentido, ya que nada nos garantiza que las terminales de ambos países han evolucionado de la misma manera se procederá a realizar un análisis comparativo de los resultados a nivel de país.

La Figura 2 muestra la evolución de la eficiencia técnica promedio anual a nivel de país. En primer lugar se evidencia, como se mencionó anteriormente, que las terminales chilenas son más eficientes que las peruanas durante todo el período de análisis. Además, se puede observar que ni siquiera en el mejor de los años para las terminales peruanas (2008) la eficiencia media es superior a las terminales chilenas.

Figura 2 Perú y Chile: Eficiencia técnica promedio por año (2004-2010)



En segundo lugar, parece que entre los años 2004 y 2007 las terminales chilenas han tenido una eficiencia técnica alrededor del 94,0% mostrando una disminución en 2008 del -1,8% y más aguda en 2009, con disminuciones del -8,02%. Posteriormente, en el 2010 experimentó una rápida recuperación con un crecimiento del 10,25%. La disminución de la eficiencia técnica en 2008 y 2009 refleja el impacto de la crisis financiera, mientras que el aumento de la eficiencia en 2010 la recuperación post-crisis. Por otro lado, en relación a las terminales de Perú se observa una tendencia creciente entre 2004 y 2008 con tasas de crecimiento promedio anual del 4,3%. Posteriormente se produce una disminución en la eficiencia técnica de -10,0% en 2009 y un ligero aumento de 2,89% en 2010. El comportamiento de la eficiencia técnica en este caso se vería influenciada principalmente por la tasa de crecimiento de la economía del país, lo que afecta la demanda de servicios portuarios. También, como en el caso de las terminales chilenas, la crisis financiera afectó a las terminales peruanas, las cuales tuvieron una fuerte disminución en la eficiencia en 2009 y luego, una ligera recuperación en el 2010.

El mayor impacto de la crisis financiera en las terminales chilenas en comparación de las peruanas se explica principalmente por la disminución en la tasa de crecimiento del PIB de Chile en 2008 y 2009, que incluso se contrajo un -1,7% en el 2009. Mientras que el crecimiento del PBI de Perú ha mantenido un crecimiento sostenido durante los últimos diez años, aunque en 2009 creció más lentamente, en 0,8%. Por otra parte, la disminución de las exportaciones de cobre de las terminales en el norte de Chile, y la reducción de la carga boliviana en tránsito, contribuyeron a que el impacto de la crisis sea mayor en las terminales de dicho país. Esto se debe a que Bolivia lleva a cabo su comercio internacional principalmente a través de las terminales chilenas.

VII. CONCLUSIONES

La presente tesina estima una función de distancia paramétrica, con la finalidad de identificar las variables que contribuyen a reducir la ineficiencia en las terminales de Perú y Chile. Los datos utilizados en este trabajo consisten en un panel balanceado de 14 terminales portuarias en un periodo de siete años, del 2004 a 2010.

La estimación se basa en el modelo Battese y Coelli (1995) con una ligera variación. En lugar de utilizar una función de producción, se estimó una función de distancia. La forma funcional adoptada fue una especificación translogarítmica y simultáneamente se estimó una ecuación adicional para identificar los factores que explican la ineficiencia. Los resultados empíricos muestran que la ineficiencia estuvo presente en la producción, y otras especificaciones de la forma funcional, como por ejemplo la Cobb-Douglas no es una representación adecuada de los datos.

En promedio a nivel de país, se mostró que las terminales chilenas fueron más eficientes que las peruanas en cada año y que la crisis financiera afectó negativamente a la eficiencia de los dos países en 2009. Sin embargo, en 2010 se recuperaron, pero la eficiencia de las terminales chilenas aumentó más que de las peruanas.

En cuanto a las variables que explican la ineficiencia, se observó, como se esperaba, que la tasa a granel y el índice de contenedorización reducen la ineficiencia de las terminales. Asimismo, la tasa de ocupación, es decir cuando la capacidad no utilizada de terminales se reduce los niveles de ineficiencia también se reducen. Finalmente, se observó que el tipo de gestión influye en la ineficiencia, es decir, el hecho de que las terminales sean operadas por empresas privadas contribuyen positivamente a reducir la ineficiencia. Con esto podemos concluir que el aumento de la participación privada en las terminales portuarias, a través del proceso de concesión, ha permitido acelerar las inversiones y aumentar la flexibilidad en la contratación de personal calificado en las terminales portuarias, lo que aumenta la eficiencia.

Aunque las reformas en el Perú y Chile comenzaron casi al mismo tiempo, éstas se han realizado de manera más exitosa y con mayor agilidad en Chile, es decir, el hecho de que Chile haya modernizado la mayoría de sus terminales antes que Perú, a través de una mayor participación del sector privado por medio de un esquema de concesiones les ha permitido cosechar los beneficios de las reformas llevadas a cabo, lo cual se reflejan en los mayores niveles de eficiencia que han logrado en comparación con las terminales peruanas. Al igual que en el caso del Perú, a pesar de las reformas también están destinadas a aumentar la participación privada a través de un esquema de concesiones, éstas han tenido un retraso significativo, teniendo como consecuencia que las terminales operadas por la empresa pública ENAPU SA opere con equipos obsoletos, en muchos

casos, con antigüedad mayor a 20 años, lo que se refleja en sus bajos niveles de eficiencia en comparación con las terminales chilenas.

En ese sentido, la evidencia empírica muestra que es necesario introducir en las empresas que gestionan las terminales portuarias un mecanismo de incentivos, ya sea a través de un esquema de concesión o la introducción de un sistema de incentivos basado en la regulación a las empresas públicas, con el fin de que estas puedan actuar como agentes privados, o para funcionar con normas similares a las de los agentes privados. Así, los mayores niveles de eficiencia derivada de las reformas, podría provocar reducciones en los costos logísticos y llevaría a aumentar el nivel de competitividad en el país. Este punto es especialmente relevante en el caso del Perú, con el fin de aumentar el bienestar social, ya que actualmente cuenta con más bajos niveles de competitividad en comparación con otros países latinoamericanos como Chile, Puerto Rico, Panamá, Brasil, México, entre otros.

Las futuras investigaciones deberían orientarse primordialmente a realizar mediciones de eficiencia y la productividad de las terminales de Perú y Chile, incluyendo todas las terminales del Puerto de Callao: Terminal de contenedores Muelle Sur, Terminal multipropósito Muelle Norte y el nuevo Terminal de minerales del Puerto Callao concesionada en 2011, cuyas operaciones están previstas para comenzar en el 2013. Asimismo, el contemplar un período de tiempo más largo, permitirá contar con un mayor número de terminales peruanas concesionadas y esto nos permitirá evaluar si el diseño de las reformas implementadas en las terminales del Perú ha mejorado la eficiencia y la productividad de las terminales después de haber sido concesionadas.

REFERENCIAS

- Aigner, D., Lovell, C. y Schmidt, P., (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Battese, GE y Coelli, TJ. (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics* 38: 387–399.
- Battese, G. E., y Coelli, T. J. (1995). Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics* 20, 325-332.
- Cheon S., D. Dowall y Song D-W. (2010). Evaluating impacts of institutional reforms on port efficiency changes: Ownership, corporate structure, and total factor productivity changes of world container ports. *Transportation Research Part E* 46, 546–561.
- Chang, V. y Tovar, B (2012). Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: a parametric distance functions approach. XVII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística. PANAM 2012. Santiago de Chile.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E., (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European. Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. Lewin, W. y Seiford, L., (2000). Data Envelopment Analysis: Theory, methodology and applications, Kluwer Academic Publishers.

- Coelli, T. (1996) A guide to FRONTIER Version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England.
- Coto-Millán, P., Baños-Pino, J. y Rodríguez-Álvarez, A. (2000). Economic efficiency in Spanish ports: Some empirical evidence. *Maritime Policy and Management*, 27(2), 169-174.
- Cuesta, RA y Orea, L. (2002). Mergers and technical efficiency in Spanish saving banks: A stochastic distance function approach. *Journal of Banking & Finance* 26, 2231–2247.
- Cullinane, K. P. B. y Song, D-W. (2003). A Stochastic Frontier Model of the Productive Efficiency of Korean Container Terminals. *Applied Economics*, 35, 251–67.
- Cullinane, K., Song, D.W. y Gray, R. (2002). A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures. *Transportation Research Part A*, 36, 743-762.
- Cullinane, K., D.-W., Song, P. Ji y Wang T. (2004). An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Network Economics* 3 (2), 184–206.
- Estache, A., González, M. y Trujillo, L. (2002). Efficiency gains from port reform and the potential for yardstick competition: lessons from Mexico. *World Development*, 30(4), 545-560.

- Estache, A., B. Tovar, y Trujillo, L. (2004) Sources of Efficiency Gains in Port Reform: A DEA decomposition for a Malmquist TFP Index for Mexico. *Utility Policy* 12 (4), 221-230.
- Farrel M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, Part III, Vol. 120.
- Farsi, M., Filippini, M., Greene, W., (2005). Efficiency Measurement in Network Industries: Applications to the Swiss Railway Companies. *Journal of Regulatory Economics* 28(1), 69-90.
- González, M.M. y Trujillo, L. (2008). Reforms and infrastructure efficiency in Spain's container ports. *Transportation Research Part A*, 42, 243-257.
- Gonzalez, M.M. y Trujillo, L. (2009) Efficiency measurement in the port industry: A survey of the empirical evidence. *Journal of Transport Economics and Policy*, 43 (2), 157-191.
- Greene, W. (2005). Fixed and Random effects in Stochastic Frontier Models. *Journal of Productivity Analysis*, 23, 7-32.
- Guasch, J.L. y J. Kogan (2006). Inventories and Logistic Costs in Developing Countries: Levels and Determinants – A Red Flag for Competitiveness and Growth. *Revista de la Competencia y de la Propiedad Intelectual*. Lima, Perú.

- Instituto Peruano de Economía (2009). El Reto de la Infraestructura al 2018: La Brecha de Inversión en Infraestructura en el Perú 2008. IPE.
- Liu, Z. (1995). The comparative performance of public and private enterprise: The case of British ports. *Journal of Transport Economics and Policy*, 29 (3), 263-274.
- Meeusen, W. y Van den Broeck, J., (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error, *International Economic Review*, 18 (2) 435-444.
- Panayides, P., Maxoulis, C., Wang, T-F and NG, A (2009) A critical analysis of DEA Application to Seaport Economic Efficiency Measurement. *Transport Reviews*, 29, 2, 183-206.
- Rodríguez-Álvarez, A. y Tovar, B. (2010). Have Spanish port reforms during the last two decades been successful? A cost frontier approach. Fundación de las Cajas de Ahorros. Documento de trabajo nº 511/2010.
- Rodríguez-Álvarez, A. y Tovar, B. (2012). Have Spanish port reforms during the last two decades been successful? A cost frontier approach. *Transport Policy*. 24, 73-82.
- Rodríguez-Álvarez, A., Tovar, B. y Wall, A. (2011). The effect of demand uncertainty on Port Terminals costs. *Journal of Transport Economics and Policy*. 45 (29), 303-328.

- Tongzon, J. (2001) Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis, *Transportation Research Part A. Policy and Practice* 35 (2), 113-128.
- Tongzon, J. y Heng, W. (2005). “Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals)”. *Transportation Research*, 39 (A), 405-424.
- Tovar, B. y Wall, A, (2012). Economies of scale and scope in service firms with demand uncertainty: An application to a Spanish port. *Maritime Economics & Logistics* 14, 362–385.
- Trujillo, L., y Tovar, B., (2007). The European Port Industry: An analysis of its Economic Efficiency. *Maritime Economics & Logistics*, 9, 148-171.
- World Bank (2011). The Global Competitiveness Report 2011–2012. World Economic Forum. Washington, DC.