

# Formulación de indicadores de eficiencia y servicio del sistema portuario colombiano

## Formulation of service and efficiency indicators Port system of colombian

Alexander Eslava Sarmiento<sup>1</sup>

### Resumen:

Los puertos del siglo XXI se ven obligados a mejorar su eficiencia y a generar ventajas comparativas, esto con el objeto de asegurar el flujo de tráfico, con equipos más adecuados para mejorar el rendimiento, reduciendo los tiempos de atraque y los retrasos. Un indicador de eficiencia portuaria es realmente una medida de las ineficiencias existentes, que se evalúa con los puertos más eficientes. A pesar de la importancia del tema, los estudios de eficiencia portuaria existentes se han centrado casi exclusivamente en los puertos de contenedores. Este documento de trabajo pretende llenar ese vacío, especialmente en el sistema portuario colombiano mediante la elaboración y propuesta de indicadores de eficiencia y servicio portuario como parte de la Política Nacional de Logística (PNL) inscrita en el IX plan de acción de la Política Nacional de Competitividad y Productividad (PNCP), adoptada mediante documento CONPES 3527 de 2008. La PNCP introduce la misión, visión y estrategias con las cuales se espera desarrollar y consolidar la competitividad del aparato productivo colombiano en un contexto de mayor interacción internacional.

**Palabras clave:** indicadores, eficiencia portuaria, granel sólido limpio, logística portuaria, servicio.

### Abstract:

The ports of the 21st century are forced to improve their efficiency and generate comparative advantages, in order to ensure the flow of traffic, with better equipment to improve performance, reducing berth times and delays. An indicator of port efficiency is actually a measure of existing inefficiencies, which is evaluated with the most efficient ports. Despite the importance of the issue, existing port efficiency studies have focused almost exclusively on container ports. This working document aims to fill this gap, especially in the Colombian port system through the elaboration and proposal of indicators of efficiency and port service as part of the National Logistics Policy (PNL) inscribed in the IX action plan of the National Policy of Competitiveness and Productivity (PNCP), adopted by document CONPES 3527 of 2008. The PNCP introduces the mission, vision and strategies with which it is hoped to develop and consolidate the competitiveness of the Colombian productive apparatus in a context of greater international interaction.

**Key Words:** indicators, port efficiency, clean solid bulk, port logistics, service.

### Introducción

Con el fin de evaluar los resultados obtenidos por un puerto marítimo existen varios tipos de indicadores. Estos índices son útiles si pueden ser obtenidos fácilmente con la información disponible de las autoridades portuarias o de los concesionarios, de forma que puedan ser actualizados constantemente para estudiar la evolución del puerto en el tiempo y compararlo con los estándares internacionales o regionales. Al usar estos indicadores, el regulador o la autoridad portuaria pueden evaluar el desempeño del puerto antes y después de determinada política o reforma para verificar el éxito o fracaso de la misma.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Especialista en Logística Internacional. Consultor Portuario .e-mail: [laeslavas@unal.edu.co](mailto:laeslavas@unal.edu.co)

Los puertos del siglo XXI se ven obligados a mejorar su eficiencia y a generar ventajas comparativas, esto con el objeto de asegurar el flujo de tráfico, con equipos más adecuados para mejorar el rendimiento, reduciendo los tiempos de atraque y los retrasos (Meersman, de Voorde, & Vanelslander, 2012). Un indicador de eficiencia portuaria es realmente una medida de las ineficiencias existentes, que se evalúa con los puertos más eficientes (Bichou, 2006). Dentro de nuevo contexto mundial de globalización y con el propósito de hacer eficientes y competitivas las cadenas productivas, un gran número de países ha realizado o está en el proceso de reestructurar su sector portuario con el fin de mejorar los factores que contribuyen a una mejor gestión y eficiencia de los servicios portuarios (Borger, Proost, & Dender, K.V., 2008). La eficiencia es un indicador importante en el funcionamiento de los puertos, ya que estimula la competitividad del puerto e impulsa el desarrollo regional; de igual forma, los puertos más eficientes logran reducir los costos de transporte y facilitan las importaciones y exportaciones de un país. En el diseño de la reforma portuaria (Sanchez, Hoffmann, Micco, Zzolitto, Sgut, & Wilmsmeier, 2003), se puede plantear para cada uno de los agentes que intervienen en las operaciones objetivos específicos que buscan facilitar la labor de cada uno de ellos:

- **Consumidores:** disminuir el precio de los bienes finales y mejorar la calidad y el acceso a un rango de productos disponibles más amplio a través de una mayor competencia entre productores, lograr un mayor bienestar en términos de precios, cantidades y calidad de los bienes (eficiencia asignativa).
- **Exportadores e importadores:** reducir costos portuarios, reducir fletes, permitiendo la reducción de los costos de la importación de los bienes y productos intermedios, y aumentando la competitividad de las exportaciones.
- **Transportadores y operadores portuarios:** un mejor balance costo beneficio de las operaciones y servicios portuarios, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de los activos y mejorar la posición competitiva dentro de los mercados del transporte, y mayores oportunidades de negocios para los sectores en crecimiento.

La literatura portuaria del ámbito conceptual de la eficiencia y nivel de servicio de puertos y terminales portuarios (UNCTAD, 1988; Mangan, Lalwani, & Fynes, 2008; Feng, Mangan & Chandra, 2012), adolece, desde el punto de vista científico y tecnológico, de un desarrollo convergente, consecuencia de la carencia de un marco de conceptos y objetivos y, por la complejidad de la tema. Para tal, es necesario un orden de carácter terminológico y técnico que permita diseñar una metodología de medición y seguimiento como instrumento básico en la optimización del uso de infraestructuras (líneas de atraque y superficies) y equipos. En el espacio conceptual del rendimiento portuario se emplean diversos términos como tráfico, capacidad, productividad, ocupación, eficiencia, etc. (Langen, Nijdam & van der Horst, 2007). Las mediciones de tráfico expresan volúmenes manipulados por unidad de tiempo, sin detallar los recursos empleados. Las mediciones de productividad expresan volúmenes manipulados (producción) por unidad de recurso y por unidad de tiempo. Las mediciones de utilización son ratios (por ejemplo la tasa de ocupación de la línea de atraque), expresados en porcentaje, entre el uso de un determinado recurso y el máximo posible en un periodo temporal, (Bichou, & Gray, 2004).

La literatura técnica (Murphy, Daley, & Dalenberg, 1992; Tongzon, 1995; Clarka, Dollara, & Miccob, 2004; Coto-Millán, Baños-Pino, & Rodríguez-Álvarez, A. 2000; Demirbas & Bennett, 2014; ), considera que para que un puerto sea competitivo debe clasificar en su orden las siguientes variables: eficiencia, frecuencia de embarques, adecuada infraestructura, localización, tarifas, velocidad de respuestas a necesidades de los usuarios (capacidad de reacción), y reputación respecto a manejo de la carga. Una conclusión a la que llega es que la eficiencia y la frecuencia de viajes son los factores más importantes que tienen en cuenta los promotores de carga para seleccionar puertos, en tanto que las tarifas ocupan un quinto lugar en importancia. Además, tomando los factores identificados como más importantes (en su orden, eficiencia, frecuencia de embarques y adecuada infraestructura), realiza un análisis de regresión, llegando a establecer que el factor eficiencia.

## **Indicadores de Eficiencia y Servicio Portuario**

Es difícil encontrar datos detallados sobre la eficiencia portuaria (Medal, Monfort, Monterde, y Sala, 2004; Park & De. 2004; Doerr, & Sánchez, 2006; González, & Trujillo, 2006; Kaisar, Pathomsiri & Haghani, 2006; Merk, O., & Dang, T. 2012; Silva, Novaes, Scholz- Reiter, & Piotrowski, 2013). Los trabajos empíricos sobre los factores determinantes suelen recurrir a estimaciones econométricas para recuperar un parámetro que capta la eficiencia del puerto. Los datos agregados a nivel de país son más comunes pero esta información generalmente depende de opiniones subjetivas.

Para medir la eficiencia portuaria a través de indicadores de desempeño portuario, se debe utilizar una amplia gama de técnicas para su evaluación y análisis, y aunque muchas herramientas de análisis e instrumentos existen, surge un problema cuando se trata de aplicarlos a una gama de puertos. Los puertos son muy diferentes e incluso dentro de un único puerto las actividades cotidianas o potenciales pueden ser de amplia la naturaleza y alcance, por lo que la elección de una herramienta adecuada de análisis es difícil (Talley, 1994; Tongzon, 2001; Cho, Kim, & Hyun, 2010; Douglas, Hales, Chang, Siu Lee, Desplebin, Dholakia, & Al-Wugayan 2017). El análisis de la eficiencia portuaria es uno de los elementos básicos de la gestión de los puertos.

Los estudios sobre la eficiencia y la productividad de los puertos pueden clasificarse en tres grupos principales, (Tongzon, 1995; Feng, Mengying, Mangan & Chandra, 2012). El primero está formado por trabajos que emplean indicadores parciales de productividad del sistema portuario. Los estudios que utilizan un enfoque ingenieril y los que emplean la simulación y la teoría de colas constituyen el segundo grupo. El tercero, más reciente, comprende estimaciones de fronteras tecnológicas, de las que se derivan los índices de eficiencia de la empresa portuaria. La medición de la eficiencia portuaria no es sólo una herramienta de la autoridad portuaria, del Ministerio de Transporte o del operador portuario, sino que es información útil para formular política y planes de desarrollo del transporte en un país. Estas tareas y mediciones ya están en la agenda de prioridades de muchas autoridades.

En la etapa de planificación de la operación portuaria se definen objetivos y metas, así como acciones, actividades y tareas necesarias para alcanzar el cumplimiento de lo planeado en un periodo de tiempo determinado, donde la herramienta fundamental para la toma de decisiones es la evaluación y seguimiento de los identificadores de eficiencia definidos para monitorear el progreso o avance de los procesos portuarios que ejecutan dichas actividades.

## **Metodología**

En visitas a las Sociedades Portuarias del sistema portuario colombiano, y desarrolladas en 2015, se tomaron entre otros datos los siguientes:

- Estadísticas de los últimos 10 años de buques que han recalado en el puerto y transportan carga general y graneles, con rendimientos y tiempos operacionales
- Listado de operadores portuarios y equipos que trabajan en el terminal con identificación de las cargas que movilizan.
- Inventario de Infraestructura Portuaria relacionada con muelles, patios, bodegas, silos y demás instalaciones.
- Inventario de equipos de la Sociedad Portuaria y Operadores, destinados para el manejo de carga general y graneles sólidos limpios y graneles líquidos diferentes a hidrocarburos y sus derivados.
- Sistema tarifario autorizado y publicado por la Sociedad Portuaria y por los servicios portuarios que presta directamente.

Como resultado de este ejercicio, se pudo evidenciar que no todos los Concesionarios atendieron la solicitud en forma satisfactoria. Una segunda solicitud de información para el cálculo de los principales Indicadores propuestos a las Sociedades Portuarias por varios sub-grupos para los tipos de carga. Esta solicitud de información fue atendida por tipo de carga, dado que la gran mayoría de los Concesionarios procesan su información de esa manera. En esa ocasión quienes reportaron información fueron los siguientes: Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura, Cemasa, Contecar, Muelles El Bosque, Vopak Cartagena, Buenavista, Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla, Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta; y quienes no enviaron reporte alguno fueron los siguientes: Muelle 13-Grupo Portuario, Sociedad Portuaria de Mamonal, Algranel, Vopak Barranquilla, Palermo Sociedad Portuaria, San Andres Port Society y Sociedad Portuaria Regional de Tumaco.

## **Resultados**

La información de indicadores presentada a continuación corresponde a la compilación de los reportes por las Sociedades Portuarias objeto del estudio; y ha sido analizada para comprobar su veracidad, con el fin de ser usada como punto de partida para la determinación de la línea base y niveles de exigencia para la eficiencia en las operaciones con carga a granel sólido limpio en los terminales públicos de nuestro país.

Se destacan tres grupos de indicadores si son tipificados por la naturaleza de su unidad de medición y la lectura de los resultados obtenidos:

**Rendimientos (Toneladas/día).** Conocidos internacionalmente en el subsector portuario, estas tasas que miden el desempeño del total de la parte operativa de las sociedades portuarias respecto al nivel de eficiencia en el servicio de transferencia de carga a los buques. La diferencia en la medición entre los indicadores de rendimiento propuestos radica en la definición de los tiempos transcurridos a lo largo de la permanencia del buque en la Zona Portuaria, se ha incluido un indicador que permite observar el comportamiento de las operaciones cuando existe cargue o descargue directo a camión de manera parcial o simultánea con cargue o descargue indirecto.

Los tiempos considerados para el cálculo de estos indicadores son:

**Tiempo en puerto.** Es el tiempo transcurrido desde el arribo del buque a la primera boya del canal de acceso, hasta el paso del buque por la misma boya al salir. **Tiempo en muelle:** se cuenta a partir del inicio de operaciones de atraque a la línea de muelle y concluye una vez que las maniobras de desatraque hayan terminado, finalmente, **Tiempo bruto de operaciones:** que corresponde al intervalo comprendido entre el inicio y el fin de las mismas, tal como lo presenta la Figura No.1

De esta manera los indicadores de rendimiento presentados son los siguientes:

- **Rendimiento buque/día/muelle**
- Rendimiento buque/día/puerto
- Rendimiento buque/día/tiempo bruto de operaciones
- Rendimiento buque/día/muelle con despacho directo

**Porcentajes (%).** Estos índices tienen como finalidad comparar determinadas variables que inciden en las operaciones a partir de relaciones porcentuales y son los siguientes:

- Porcentaje de lluvias
- Ocupación de muelle
- Disponibilidad de muelle
- Porcentaje de carga directa

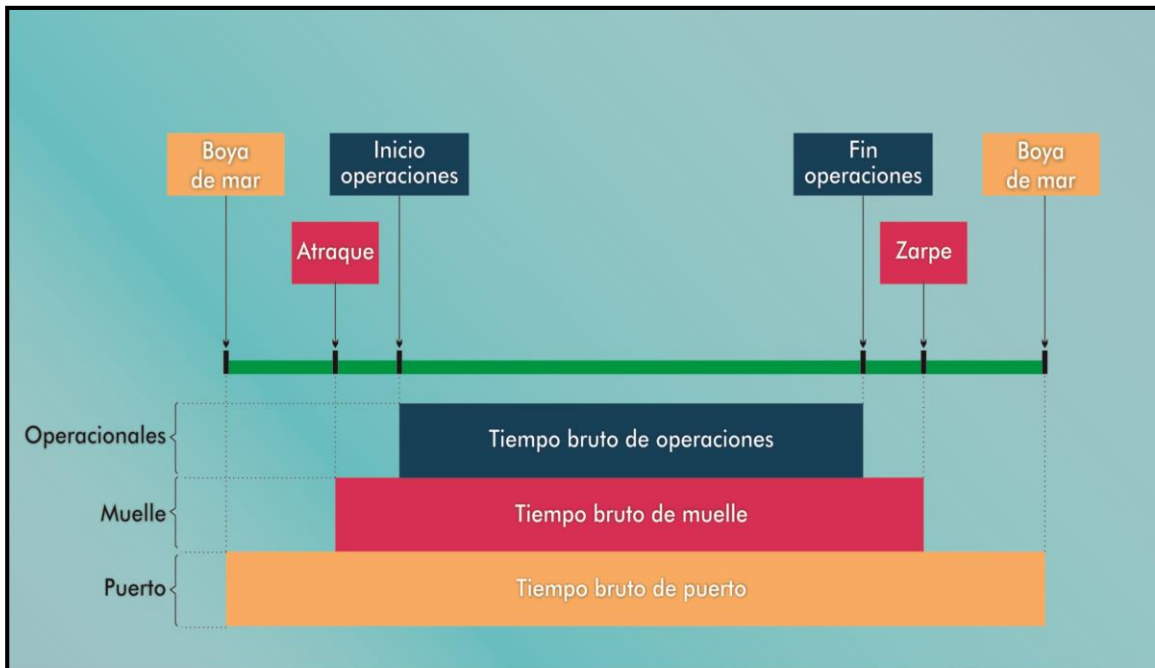


Figura No. 1. Operaciones portuarias y el tiempo del buque en puerto.

**Promedios.** Pese a que pudieran entenderse como similares a los rendimientos, puesto que estos últimos pueden ser calculados a partir de promedios, no lo son, dado que aun cuando determinan la relación entre cierto número de variables, su unidad de medida no es una compuesta, es decir podría asimilarse su resultado como una magnitud expresada en cierta unidad de medida fundamental, sin necesariamente referirla a algún sistema específico de medición; se encuentran los siguientes indicadores:

- Promedio de permanencia de la carga en almacenamiento
- Promedio de permanencia de vehículos en el terminal
- Promedio de espera acceso vehículos

**Financieros.** Miden en dólares americanos, el costo causado por los diferentes retrasos en las operaciones, en la mayoría de los casos estos afectan de manera directa al usuario aunque finalmente algunos serán cargados a los consumidores elevando el precio de adquisición de los productos ya sean estos materias primas o insumos para otros con valor agregado. El análisis de dichos sobrecostos determina que en buena forma son ocasionados por el fraccionamiento de la carga, el descargue directo a camión en muelle, el volumen de la escala, etc.; se encuentran los siguientes indicadores:

- **Costo por demoras: tiempo de espera para atraque**

La figura No. 2 representa el sin número de operaciones portuarias (arribo, fondeo, practicaaje, atraque, cargue/descargue, desatraque, zarpe, etc.) que se realizan en la transferencia de la carga en un puerto convencional de graneles sólidos limpios.

### Indicadores Primarios - Indicadores Secundarios

Los indicadores primarios son los indicadores de interés general, son pertinentes y oportunos para la toma de decisiones, mientras que los indicadores secundarios son aquellos que señalan el comportamiento del indicador primario. Un comportamiento atípico del indicador primario, es efecto de un comportamiento

atípico del indicador secundario. Los indicadores terciarios o de tercer nivel, están compuestos por variables que inciden en el comportamiento de las operaciones portuarias y registran niveles de detalle que son de interés particular. Este tercer nivel de indicadores es planteado, para que la Autoridad competente, profundice en los aspectos relacionados con las operaciones portuarias de la carga objeto de estudio, al nivel del detalle que crea conveniente; en el caso que el indicador primario y los indicadores secundarios, aún no expliquen o revelen el factor incidente en las operaciones portuarias y/o terrestres. La figura No. 3 representa la composición e integralidad del indicador propuesto

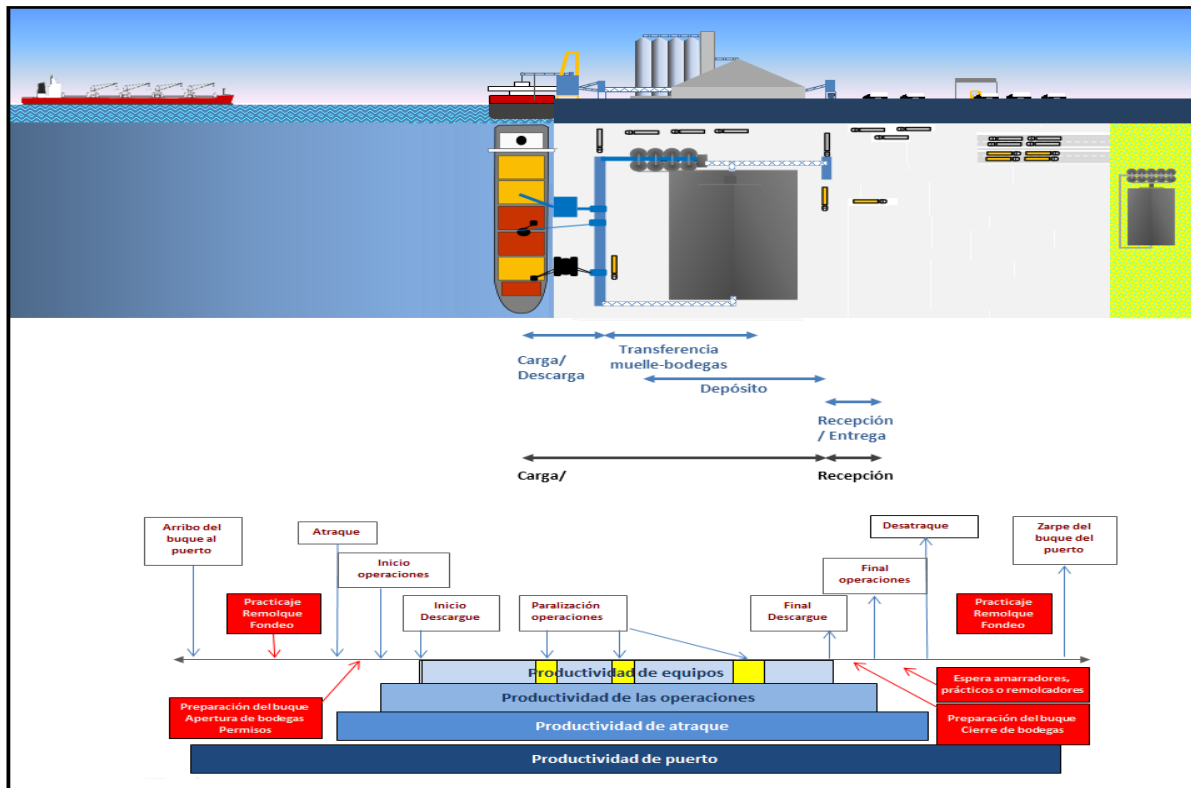


Figura No. 2. Operaciones típicas portuarias de transferencia de carga de graneles sólidos limpios.

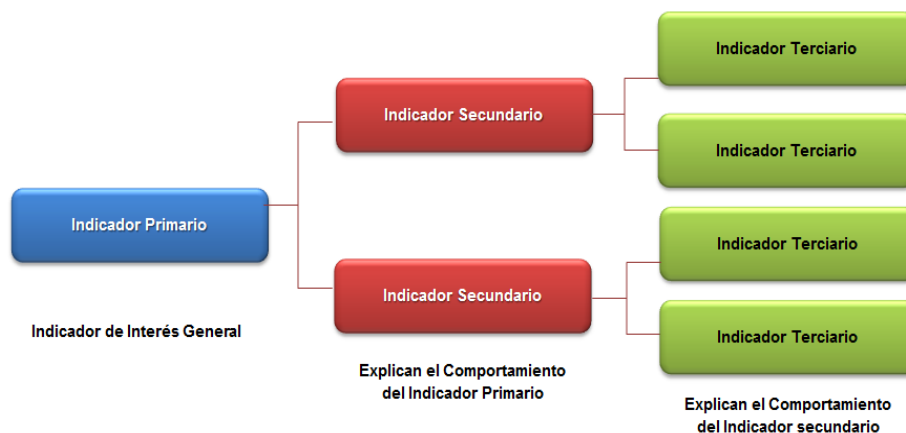


Figura No. 3. Composición e integralidad del indicador de eficiencia portuaria propuesto.

## Estructura Indicadores de Eficiencia Portuaria

De acuerdo a los resultados del taller citado, los siguientes son los indicadores que se seleccionaron para implementar y hacer el seguimiento al servicio y nivel de eficiencia del sistema portuario colombiano de graneles limpios.

- **Costo de Demoras (CD)**

El indicador está integrado por un indicador primario, un indicador secundario y siete indicadores terciarios (figura No. 4).



Figura No. 4. Composición indicador de eficiencia portuaria costo demoras.

- **Costo Demoras- Buques en Puerto (CDBP)**

El indicador permite estimar el impacto de las demoras de los buques y que le representan penalizaciones a los fletadores respecto al contrato de fletamento ya la plancha pactada. Es un indicador financiero; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (US\$). Su fórmula se presenta en la ecuación No.1.

$$\sum_{i=1}^n \text{Costos por penalizaciones por demoras del buque } i \quad (1)$$

*i, ..., n ; cada uno de los buques con penalizaciones por demoras en cada terminal portuario. (Clasificados por tipo de carga).*

*Demoras: tiempo del buque en puerto que excede en el contrato de fletamento (plancha)*

- **Costo Demoras-Tiempo de Espera para Atraque (CDTEA)**

El Indicador permite estimar el impacto de las esperas de los buques en zona de fondeo en los eventos en que los muelles no se encuentran disponibles, calculado proporcionalmente con los costos del buque por día. Es un indicador financiero; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (US\$). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 2.

$$\frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempos de espera por fondeo por falta de disponibilidad de muelle } i}{\text{total buques mes}} \times \text{promedio costo buque al día} \quad (2)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que arriban al puerto, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

- **Rendimiento Buque (RB)**

El indicador está integrado por un indicador primario, tres indicadores secundarios y catorce indicadores terciarios (figura No. 5)

- **Rendimiento Promedio Buque-Día-Muelle (RPBDM)**

El Indicador mide la productividad de las operaciones de transferencia de carga (cargue/descargue) relacionado con la oferta de muelle mientras el buque se encuentra atracado. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (toneladas/día/muelle). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 3.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n C_i) \times 24}{\sum_{i=1}^n T_{bmuelle_i}} \quad (3)$$

*i, ..., n*; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)

*C<sub>i</sub>*: carga transferida al buque *i*. (Clasificada por tipo de carga)

*T<sub>bmuelle i</sub>*: tiempo bruto de muelle del buque *i*. Registrado en horas.

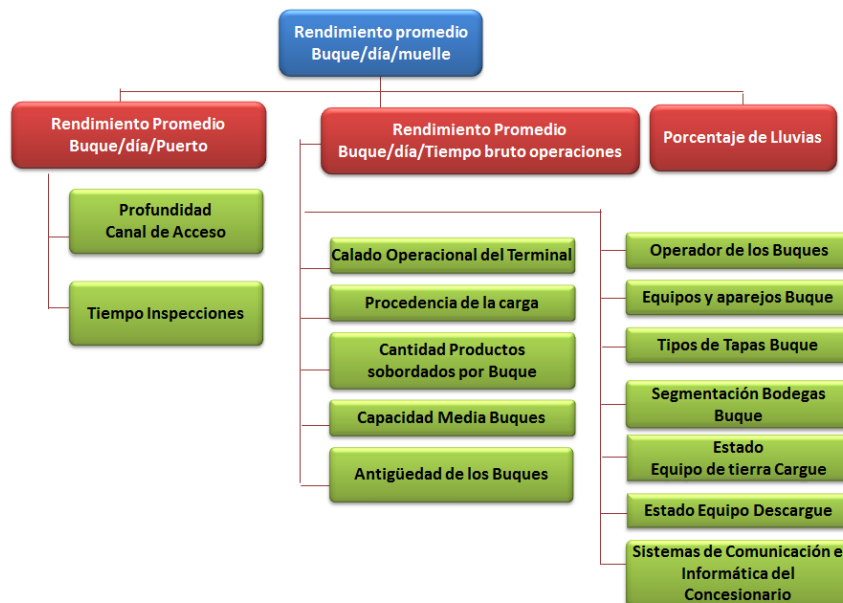


Figura No. 5. Composición indicador de eficiencia portuaria rendimiento buque.

- **Rendimiento Promedio Buque-Día-Puerto (RPBDP)**

El Indicador muestra la incidencia de las actividades extremas y la operación en la línea de atraque frente al tiempo de permanencia del buque en puerto. La medida de productividad se obtiene de acuerdo a todos los eventos que le suceden al buque en el puerto. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (toneladas/día/puerto). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 4.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n C_i) \times 24}{\sum_{i=1}^n T_{puerto_i}} \quad (4)$$

*i, ..., n*; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)

*C<sub>i</sub>*: carga transferida por el buque *i*. (Clasificada por tipo de carga)

*T<sub>puerto i</sub>*: tiempo de puerto del buque *i*. Registrado en horas.

- **Rendimiento Promedio Buque-Día-Tiempo Bruto de Operaciones (RPBBDTBO)**

El Indicador muestra el promedio de la productividad relacionada directamente con el período operativo. Para aquellos casos en el que el contrato de fletamento sea WWD, se descontará el tiempo de lluvias del tiempo operativo. Indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (toneladas/día). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 5.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n C_i) \times 24}{\sum_{i=1}^n Tbo_i} \quad (5)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*C<sub>i</sub>: carga transferida por el buque i. (Clasificada por tipo de carga)*

*Tbo<sub>i</sub>: tiempo bruto operativo del buque i. Registrado en horas.*

- **Rendimiento Promedio Buque-Día-Muelle con Cargue Directo (RPBDMD)**

El Indicador mide la productividad de las operaciones de transferencia de carga (cargue/descargue “directo” relacionada con la oferta de muelle mientras el buque se encuentre atracado. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 6.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n C_{directa\ i} + \sum_{i=1}^n C_{indirecta\ i}) \times 24}{\sum_{i=1}^n Tbmuelle_i} \quad (6)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*C<sub>directa i</sub>: carga descargada por despacho directo del buque i. (Clasificada por tipo de carga)*

*C<sub>indirecta i</sub>: carga descargada por despacho indirecto (almacenamiento), del buque i. (Clasificada por tipo de carga)*

*Tbmuelle<sub>i</sub>: tiempo bruto de muelle del buque i. Registrado en horas.*

- **Porcentaje de Lluvias (% PL)**

El Indicador muestra la afectación a la productividad portuaria por efecto de las lluvias (tiempo de inactividad operativa por lluvias y su relación con el tiempo operativo bruto del buque). Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 7.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n \text{Tiempo de lluvias } i) \times 100}{\sum_{i=1}^n Tbo_i} \quad (7)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*Tiempo de lluvias i: tiempo de lluvias registrado para cada buque i. durante el período operativo. (Clasificada por tipo de carga)*

*Tbo<sub>i</sub>: tiempo operativo para el buque i. Registrado en horas.*

- **Muelle**

El indicador está integrado por un indicador primario, dos indicadores secundarios y doce indicadores terciarios (figura No. 6).

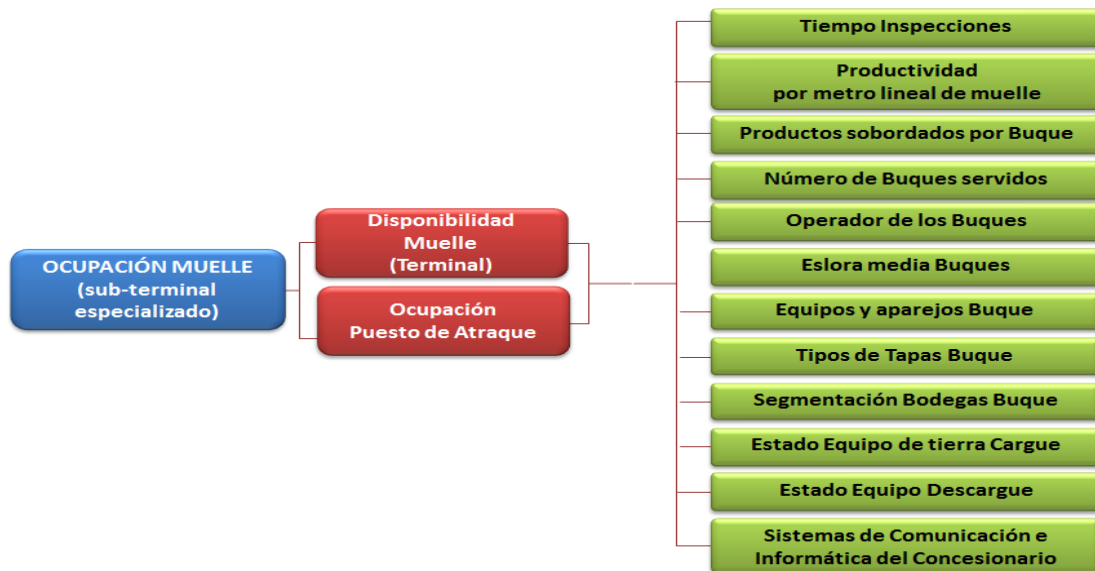


Figura No. 6. Composición indicador de eficiencia portuaria muelle.

- **Ocupación de Muelle –Sub terminal Especializado- (% OM)**

El Indicador expresa la relación de ocupación del sub-terminal por tipo de carga y la oferta de muelle en el período analizado (mes). Aplica para muelles con puestos de atraque múltiples (en línea continua) y muelles únicos (con un solo puesto de atraque). Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 8.

$$\left[ \frac{\left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo de muelle}_i}{\text{total buques mes}} \right) \times (\text{Eslora promedio} \times pa + 15 \text{ mts } (pa - 1))}{(720 \text{ horas} \times \text{long. muelle})} \right] \times 100 \quad (8)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*pa: número de puestos de atraque.*

*long.muelle: sumatoria de la longitud de los puestos de atraque en análisis*

- **Disponibilidad de Muelle –Terminal- (% DM)**

El Indicador expresa la relación entre la magnitud de oferta de muelle con disponibilidad de uso, esto que permite la asignación de ventanas por parte del concesionario. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 9.

$$\left[ 1 - \frac{\left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo de muelle}_i}{\text{total buques mes}} \right) \times (\text{Eslora promedio} \times pa + 15 \text{ mts } (pa - 1))}{(720 \text{ horas} \times \text{long. muelle})} \right] \times 100 \quad (9)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*pa: número de puestos de atraque.*

*long.muelle: comprendida entre los puestos de atraque en análisis*

- **Ocupación Puesto de Atraque (% OPA)**

El Indicador se calcula de manera individual para puestos de atraque. Permite conocer el grado de ocupación individual de cada puesto de atraque, mostrando la preferencia, prioridad y condiciones favorables o desfavorables de la línea de atraque. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 10.

$$\left[ \frac{\left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo de muelle } i}{\text{total buques mes}} \right) \times (\text{Eslora promedio})}{(720 \text{ horas} \times \text{long. puesto de atraque})} \right] \times 100 \quad (10)$$

*i, ..., n;* cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)  
*pa:* número de puestos de atraque.  
*long.muelle:* comprendida entre los puestos de atraque en análisis

### Almacenamiento

El indicador está integrado por un indicador primario, dos indicadores secundarios y seis indicadores terciarios (figura No. 7).

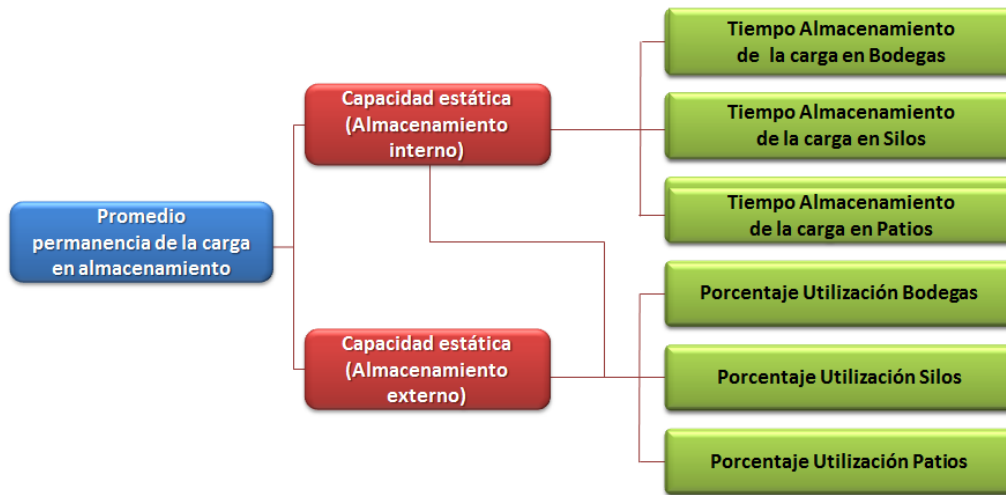


Figura No. 7. Composición indicador de eficiencia portuaria almacenamiento.

- **Promedio Permanencia Carga en Almacenamiento (PPCA)**

El Indicador expresa la relación existente entre el tiempo de permanencia promedio de la carga en cada uno de los sistemas de almacenamiento existentes en el puerto. Indica la rotación de la capacidad instalada y permite calcular la capacidad dinámica de almacenamiento en el puerto por tipo de carga. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (días). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 11.

$$\frac{30}{\left( \frac{\text{carga almacenada mes}}{\text{capacidad estática}} \right)} \quad (11)$$

- **Carga Directa**

El indicador está integrado por un indicador primario, un indicador secundario y nueve indicadores terciarios (figura No. 8).

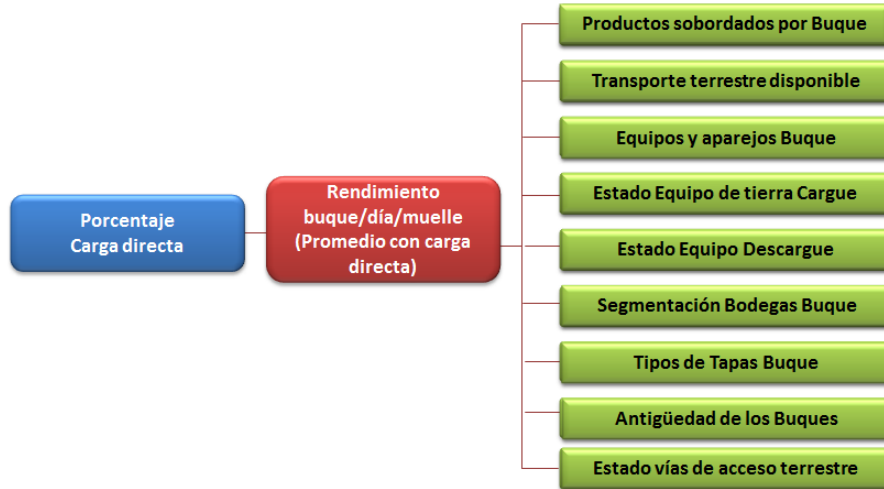


Figura No. 8. Composición indicador de eficiencia portuaria carga directa.

- **Porcentaje Cargue Directo (%CD)**

El Indicador expresa la relación existente entre la cantidad y proporción de la carga que por decisión del usuario o por restricciones de almacenamiento se maneja como operación directa (sin almacenar en puerto o en tránsito). Permite orientar la planificación de la rotación de los tipos de cargas almacenadas, la capacidad instalada, disponibilidad de muelle y la conveniencia de las operaciones directas. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: porcentaje (%). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 12.

$$\frac{(\sum_{i=1}^n C_{directa_i})}{\sum_{i=1}^n C_i} \times 100 \quad (12)$$

*i, ..., n; cada uno de los buques que movilizan carga en el terminal, durante el mes. (Clasificados por tipo de carga)*

*C<sub>i</sub>: carga total transferida por el buque i. (Clasificada por tipo de carga)*

*C<sub>directa i</sub>: carga descarga por despacho directo del buque i. (Clasificada por tipo de carga).*

- **Vehículos**

El indicador está integrado por un indicador primario, un indicador secundario y seis indicadores terciarios (figura No. 9).

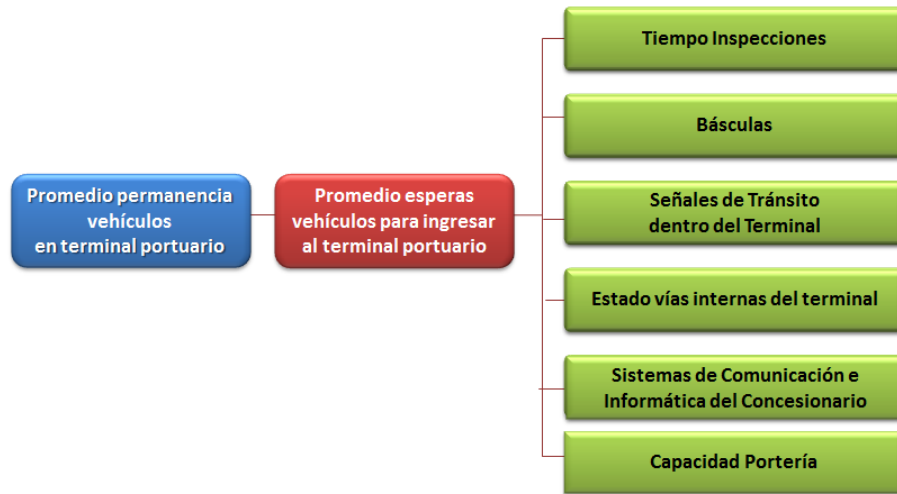


Figura No. 9. Composición indicador de eficiencia portuaria vehículos.

- **Promedio Permanencia Vehículos en el Terminal Portuario (PPVTP)**

El Indicador permite cuantificar el tiempo promedio de estancia de los vehículos dentro del terminal portuario, en el desarrollo de actividades relacionadas de entrega y/o recibo de carga del terminal, por tipo de carga. Este tiempo involucra la totalidad de las actividades con el vehículo dentro del terminal (peso, repeso, descargue/cargue, descarpado/carpado, tránsito dentro del terminal, con las esperas correspondientes. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (horas/vehículo). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 13.

$$\frac{\sum_{j=1}^n (\text{Hora salida del terminal } j - \text{Hora ingreso al terminal } j)}{\text{Total vehículos mes}} \quad (13)$$

*i, ..., n; cada uno de los vehículos que ingresan al terminal. (Clasificados por tipo de carga)*

- **Promedio Espera Vehículos (PEV)**

El Indicador permite conocer el período que transcurre desde el momento en que el vehículo ha solicitado ingreso al terminal, hasta que se le permite el paso. Este es un indicador que orienta la toma de decisiones respecto a la movilidad en las vías de acceso al terminal portuario y el eventual uso de estas para parqueo y espera, la disponibilidad de puertas de acceso al terminal portuario y la necesidad de antepuertos, entre otros. Es un indicador técnico-operacional; frecuencia de medición mensual; unidad de medida: (horas/vehículo). Su fórmula se presenta en la ecuación No. 14.

$$\frac{\sum_{j=1}^n (\text{Hora ingreso } j - \text{Hora solicitud para ingreso } j)}{\text{Total vehículos mes}} \quad (14)$$

*i, ..., n; cada uno de los vehículos que ingresan al terminal. (Clasificados por tipo de carga)*

## Conclusiones

Las variables de infraestructura portuaria se correlacionan positivamente con la eficiencia.

Una gestión portuaria eficiente y eficaz requiere dar cumplimiento al menos de los siguientes parámetros: calidad y disponibilidad de los servicios, estabilidad socio-laboral, mano de obra calificada, habilitación del puerto 7X24 los 365 días del año, velocidad de transferencia de carga, seguridad de la carga y de las personas, servicios informáticos adecuados para planificación de las operaciones y ubicación; confección de planos de estiba y de manifiestos de carga, servicios comerciales. (Banca, Aduana, Agencias, etc.), cooperación del sistema aduanero, simplificación documental y ausencia de barreras administrativas, derechos portuarios a costos razonables y competitivos, programas de comercialización, y servicios adicionales eficientes.

En lo que se refiere a los indicadores de eficiencia portuaria los entes gubernamentales en Colombia, se han ceñido en mayor medida a la propuesta metodológica del Indicador de Desempeño Logístico del Banco Mundial, del cual se hace apenas mención para brindar un referente dentro del contexto, más se requiere de implementar indicadores de eficiencia portuaria para terminales de graneles sólidos limpios agroalimentarios como los formulados en el presente artículo técnico. En lo que respecta a los estándares de medición adoptados por las SPR's, se observa una serie de indicadores adoptados de manera independiente por cada empresa u organización, cuya utilidad se limita a la comparación intra sociedades portuarias, en términos generales de volumen movilizado de carga, y al progreso año tras año del terminal en sí mismo. Lo disímil de los índices, dificulta la detección y priorización de los problemas que deben ser paliados por una política estatal nacional.

El sistema de indicadores de eficiencia portuaria es una herramienta para conducir a los terminales de graneles sólidos limpios a la estandarización de sistemas de información para medir capacidad y operaciones, de igual forma, como herramienta a Entidades Gubernamentales para la definición de políticas, seguimiento y medición de resultados orientados hacia el alcance de nuevos niveles de eficiencia, permitiendo mejoras significativas en la operatividad y competitividad de los mismos. Capacidad y eficiencia no son siempre conceptos alineados. Es posible tener terminales de elevada capacidad operativa pero ineficientes en su funcionamiento. La eficiencia tiene que ver con la asignación óptima de recursos a una operación y suele estar relacionada con la productividad de los medios asignados a la operación y a la organización de los mismos.

## Agradecimientos

El autor agradece al Ministerio de Transporte: *Contrato de Consultoría No. 174 de 2012 “Definición de indicadores de servicio y nivel de eficiencia para carga a granel y general en el marco de un sistema de calidad integral logística portuaria, a partir del diagnóstico de la capacidad y eficiencia de los terminales de servicio público, de las exigencias en términos de demanda de esta carga y de los estándares de eficiencia internacionales con el propósito de mejorar la productividad”*, a la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia-ANDI y a Incoplan S.A.–Ingeniería Consultoría Planeación, por haberle permitido hacer parte del presente estudio, el cual, en la actualidad es proyecto de Decreto para la Ley 1ª de 1991 .

## Referencias

- Bichou, K. (2006). *Review of port performance approaches and a supply chain framework to port performance benchmarking*. Research in Transportation Economics, Vol. (17), pp. 567-598.
- Bichou, Khalid., & Gray, R. (2004). *A logistics and supply chain management approach to port performance measurement*. Maritime Policy and Management, 31(1), 47–67.

- Borger, B.D., Proost, S. & Dender, K.V. (2008). *Private port pricing and public investment in port and hinterland capacity*. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. (42): 3, pp. 527-561.
- Cho, C. C., Kim, B. I. & J. H. Hyun (2010). *A comparative analysis of the ports of Incheon and Shanghai: The cognitive service quality of ports, customer satisfaction, and post-behavior*. Total Quality Management & Business Excellence, 21, 919 -930.
- Clarka, X., Dollara, D., & Miccob, A. (2004). *Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade*. Journal of Development Economics 75: 417– 450.
- Coto-Millán, P., Baños-Pino, J. & Rodríguez-Álvarez, A. (2000). *Economic efficiency in spanish ports: some empirical evidence*. Maritime Policy and Management, Vol. 27, N° 2, pp. 169-174.
- Demirbas D, Flint H. & Bennett D. (2014). *Supply chain interfaces between a port utilizing organisation and port operator*. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 19 Issue: 1, pp.79-97
- Doerr, O., & Sánchez, R. J. (2006). *Indicadores de productividad para la industria portuaria. Aplicable en América Latina y el Caribe*. División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL. SERIE 112. Santiago. Chile. Publicación de las Naciones Unidas.
- Douglas N. Hales, Chang Y.T., Lee Lam J. S., Desplebin O., Dholakia N., & Al-Wugayan A. (2017). *An empirical test of the balanced theory of port competitiveness*. The International Journal of Logistics Management, Vol. 28 Issue: 2, pp.363-378
- Feng, M., John M., & Chandra L. (2012). *Comparing port performance: Western European versus Eastern Asian ports*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Volume: 42 Issue: 5. pp. 490 – 512
- González, M., & Trujillo, L. (2006). *La medición de la eficiencia en el sector portuario: revisión de la evidencia empírica*. City University of London, 1-40. Universidad de Las Palmas de G.C. Departamento de Análisis Económico Aplicado.
- Kaisar, E., Pathomsiri, S., & Haghani A. (2006). *Developing measures of us ports productivity and performance: using DEA and fdh approaches*. Transportation Research Forum, March 23-25.
- Konstantinos G. & Martinez, W. (1990). *Improving the performance of a port system through service demand reallocation*. Transport Research. Vol. 24 B, N° 2. pp. 79-97.
- Langen, P.W. de, Nijdam, M., & van der Horst, M. (2007). *New indicators to measure port performance*. Journal of Maritime Research, Vol. IV. No. 1, pp. 23-36.
- Mangan, J., Lalwani, C. & Fynes, B. (2008). *Port-centric logistics*. The International Journal of Logistics Management, Vol. 19 No. 1, pp. 29-41.
- Medal, A., Monfort, A., Monterde, N. y Sala, R. (2004). *Estudio de la eficiencia técnica y económica de las terminales portuarias*. VI Congreso de Ingeniería del Transporte - CIT2004, Zaragoza, España.
- Meersman H., E. Van de Voorde, T., & Vanelslander. (2012). *Port congestion and implications to maritime logistics*, in Dong-Wook Song, Photis M. Panayides (ed.) Maritime Logistics, pp.49 – 68. Howard House, Wagon Lane, Bingley BD16 1WA, UK.
- Merk, O., & Dang, T. 2012. *Efficiency of world ports in container and bulk cargo (oil, coal, ores and grain)*. OECD Regional Development Working Papers, 2012/09, OECD Publishing.
- Murphy, P.R., Daley, J.M. & Dalenberg, D.R. (1992), *Port selection criteria: an application of a transportation*. Logistics and Transportation Review, Vol. 28 No. 3, pp. 237-55.
- Park, R. & P. De. 2004. *An alternative approach to efficiency measurement seaports*. Maritime Economics and Logistics, Vol. 6, No. 1, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.53-69.

- Sanchez, R.J., Hoffmann, J., Micco, A., Zsolitto, G., Sgut, M., & Wilmsmeier, G. (2003). *Port efficiency and international trade: port efficiency as a determinant of maritime transport costs*. *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 5 No. 1, pp. 199-218.
- Silva, V., Novaes, A., Scholz-Reiter, B. & Piotrowski, J. (2013). *The problem of collaboration in manufactured goods exportation through autonomous agents and system dynamic theories*. *International Journal of Industrial Engineering*, Vol. 20 Nos 1-2, pp. 114-125.
- Talley, W.K. (1994). *Performance indicators and port performance evaluation*. *Logistics and Transportation Review* 30 (4), 339–352.
- Talley, W.K. (2007). *Port performance: An economics perspective*. *Research in Transportation Economics*. Chapter 22. Volume 17, 499–516
- Tongzon, J. (1995). *Determinants of port performance and efficiency*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 29 No. 3, pp. 245-52.
- Tongzon, J. L. (2001). *Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using Data Envelopment Analysis DEA*. *Transportation Research Part A* 35 (2001) 107-122.
- UNCTAD. (1988). *Medición y evaluación del rendimiento y de la productividad de los puertos*. Monografía No. 6. Serie de Monografías preparadas por la UNCTAD en colaboración con la Asociación Internacional de Puertos (AIP). New York. UNCTAD/SHIP/494(6).