

Comparación y análisis de eficiencias de puertos panameños y puertos cercanos al Canal de Panamá a través del Análisis Envoltante de Datos

Dr. Wilfredo A. Ibarra¹ , Dr. Humberto R.

Álvarez² 

^{1 y 2} Universidad Tecnológica de Panamá, ciudad de Panamá, República de Panamá. Facultad de Ingeniería Industrial.

¹wilfredo.ibarra@utp.ac.pa, ²humberto.alvarez@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v14.1.3005



Resumen: Medir la eficiencia portuaria y establecer parámetros para su medición es fundamental para un operador portuario, dándosele cada vez más importancia el compararse con competidores similares, facilitando la toma de decisiones gerenciales oportunas. El objetivo de esta investigación era comparar los diferentes puertos de carga contenerizada de Panamá, con los puertos del Caribe Centroamericano, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá, a fin de conocer las características y mejores prácticas de los puertos líderes de la región. Para el desarrollo de esta investigación se aplicó la técnica del benchmarking y el Análisis Envoltante de Datos (DEA), a escala constante, con orientación a los insumos, dando como resultado que los puertos cercanos al Canal de Panamá no son todos eficientes en comparación a los que se encuentran distante de este. Finalmente, los puertos panameños, para ser más competitivos en la región, deben realizar mejoras significativas en la conectividad marítima, brindar nuevos servicios portuarios sostenibles, crear un hub logísticos de exportación y ampliar la capacidad instalada o construir nuevos puertos.

Palabras claves: Análisis Envoltante de Datos, benchmarking, eficiencia, puertos, unidades de toma de decisión.

Title: Comparison and analysis efficiency of Panamanian and Panama Canal nearest ports using Data Efficiency Analysis.

Abstract: Measuring ports efficiencies and setting parameters for its measurement is essential for a port operator. Giving the increasing importance of comparing local ports with similar competitors, timely management decision-making is helped. The objective of this research was to compare different container

cargo ports in Panama with the ports in the Caribbean area of Central American, Colombia and the Greater Antilles, close to the Panama Canal, in order to learn about the characteristics and best practices of the region's leading ports. For the development of this research, the technique of benchmarking and the Envelopment Data Analysis (DEA) was applied. As a result, ports near the Panama Canal are not as efficient to those distant from it. Finally, In addition, Panamanian ports, should make significant improvements in maritime connectivity, provide new sustainable port services, create an export logistics hub, and expand installed capacity or build new ports, to be more competitive in the region.

Key words: Data Envelopment Analysis, benchmarking, efficiency, ports, decision making units.

Tipo de artículo: análisis.

Fecha de recepción: 18 de marzo de 2021.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

Panamá y el Caribe, con el pasar de los siglos, se han convertido en puntos estratégicos de movilización de carga entre Asia, Europa, Norte y Sur de América. Dada la demanda general de movimiento de carga, a nivel mundial, la posición geográfica privilegiada de Panamá, y tomando en cuenta las inversiones realizadas por sus puertos, es necesario conocer cuál es el nivel de eficiencia de estos.

Existen varios indicadores, tanto del país, como portuarios, realizados por organismos internacionales, que muestran los desempeños en: infraestructura, aspectos económicos y de mercados, movilización de TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), desempeño logístico, conectividad marítima y calidad de la infraestructura portuaria, entre otros; sin embargo, estos indicadores no señalan directamente si los puertos de esta región son eficientes o no.

Los puertos marítimos son de vital importancia para que una región se desarrolle y la eficiencia de sus actividades son fundamentales para atraer los mercados externos [1]. De acuerdo con [2], el sector marítimo ha mirado hacia las economías de escalas, procurando que los buques de gran escala funcionen de forma eficiente.

En el 2017, el comercio mundial experimentó una fuerte demanda de las economías emergentes provocando consecuencias económicas en los puertos, operadores, redes marítimas y navieras, y sus efectos se percibieron en América Latina y el Caribe; de la misma manera, la ampliación del Canal de Panamá trajo consigo el incremento de la capacidad de los buques [3]. Es importante resaltar que, el transporte marítimo, especialmente el de contenedores, en América y el Caribe, ha logrado un gran desarrollo en la última década, adaptándose a las necesidades del comercio marítimo [4].

Ahora bien, más del 80% de la carga mundial es movilizad por mar, por lo que conocer la eficiencia de la operación portuaria es importante [5].

Hay que resaltar que, la eficiencia en los puertos es esencial y si hay deficiencias generarán altos costos logísticos; por lo que,

en comparación con otros puertos se resta competitividad al país [6]. Medir la eficiencia, para conocer el desarrollo de una actividad económica y establecer los indicadores para medir esa eficiencia, es necesario para cualquier organización [7] y se ha vuelto más importante compararse con competidores similares, por lo que, la toma de decisiones gerenciales se fundamenta en la identificación de las unidades que son eficientes [8].

La eficiencia es la capacidad de alcanzar los objetivos propuestos, optimizando los recursos disponibles y la medición de la eficiencia se convierte en un concepto relativo, ya que depende de las eficiencias de las otras unidades evaluadas [9]. De la misma manera, [10] y [11] definen tres medidas de eficiencias: técnica o global, de asignación y de escala. Las metodologías para la medición empírica de la eficiencia, de acuerdo con [12] y [13] pueden clasificarse en dos grandes grupos: técnicas paramétricas (no utilizan análisis de frontera) y las técnicas no paramétricas (utilizan análisis de frontera), este último fue aplicado en esta investigación.

La teoría de la eficiencia se remonta hasta la década de 1950 y de acuerdo [14] en 1951 se iniciaron investigaciones con relación al uso eficiente de los recursos empresariales y al análisis de producción. Según [14] cita que, en 1957 Michael J. Farrell se basó en las investigaciones de Koopmans y Debreu, estudiando la eficiencia y sus formas de medirla; también, [10] resalta que, Farrell fue uno de los primeros en investigar de manera sistemática el concepto de eficiencia y que estableció una guía para medirla. De acuerdo con [14], Abraham Chanes, William Cooper y Edward Rhodes fueron inspirados por los trabajos de Farrell, dando origen al DEA.

Para determinar la eficiencia portuaria se pueden utilizar dos métodos: el método paramétrico, que utiliza la Metodología de Análisis de Frontera Estocástica (SFA por sus siglas en inglés) y el método no paramétrico, el cual aplica la Metodología de Análisis Envoltante de Datos (DEA por sus siglas en inglés), utilizada en esta investigación; ambas metodologías permiten medir la eficiencia de un grupo Unidades de Toma de Decisiones (DMU por sus siglas en inglés) comparando sus respectivas eficiencias con una envolvente eficiente [15].

DEA, es una herramienta de análisis económico cuantitativo [10] que permite analizar los objetivos de las organizaciones [16] y es una herramienta potencial para la gestión general [17] utilizadas en diversos campos o sectores y con gran éxito. Con DEA se determina lo bien o mal que operan cada una de las DMU estudiadas [18] y proporciona el apoyo en la toma de decisiones [19] ya que la medición del desempeño es fundamental, debido a que los recursos son escasos y hay que utilizarlos efectivamente [8].

Las investigaciones portuarias realizadas, aplicando DEA, hasta ahora no incluyen comparaciones financieras, de costos o precios debido a las diferentes políticas contables y económica [20]. Ahora bien, es de vital importancia garantizar la eficiencia y competitividad de los puertos, para conservar los mercados en la región y evitar que otros puertos absorban dichos mercados.

Si se busca que Panamá alcance una mayor competitividad, tal y como se proyecta en [21] es necesario que se tomen decisiones importantes, en término de manejo de recursos, que

permitan optimizar estos, que redunden en mejores beneficios económicos y se fortalezcan los índices de desempeño del país, en términos logísticos.

2. Materiales y métodos

Esta investigación fue de tipo documental, descriptiva, interpretativa, analítica y se seleccionó el diseño no experimental, transeccional descriptivo, interpretativo y analítico.

Para el desarrollo del estudio, se propuso la hipótesis de que los puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá, que atienden buques Neopanamax, son más eficientes que los que se encuentran distantes de este.

La población en estudio estuvo conformada por 32 puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, registrados en la base de datos de la [22]; para este estudio, se seleccionaron los ocho puertos que reciben buques Neopanamax, ya que incluir otros puertos era contraproducente con el método DEA, el cual permite estudiar unidades de análisis con características de estudio lo más homogéneas posibles. Los puertos seleccionados para la investigación se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Puertos Neopanamax seleccionados para el estudio.

No.	País	Puerto (DMU)
1	Colombia	Cartagena
2	Jamaica	Kingston Freeport Terminal Limited
3	Panamá	Balboa
4	Panamá	Colón (CCT)
5	Panamá	Cristóbal
6	Panamá	Manzanillo International Terminal (MIT Panamá)
7	Panamá	PSA Panamá International
8	República Dominicana	Caucedo

Fuente: [23]

Según *Boussoufiane et al* (1991), citado por [24] plantean que la cantidad de variables seleccionadas no deben superar la cantidad de DMU analizadas, con el fin de no obtener muchas DMU eficientes, criterio utilizado para esta investigación. En total se seleccionaron siete variables inputs y una variable outputs. Las variables inputs son: capacidad máxima del puerto, área para almacenar contenedores, metros de muelle para contenedores, número de muelle para contenedores, número de muelle multipropósito, número de grúas *Rubber Tyred Gabtry* (RTG) y número de grúas pórticos (QC). La variable output

seleccionada corresponde a los TEU movilizados durante el año 2019, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Variables seleccionadas para la investigación.

No.	Tipo	Variable	Descripción de la variable
1	Inputs	CAP_TEU	Capacidad máxima TEU
2	Inputs	Ha_cont	Área (hectáreas) para almacenaje de contenedores
3	Inputs	m_muelle	Metros de muelle para contenedores.
4	Inputs	No_muelle	Número de muelle para contenedores.
5	Inputs	No_muelle_M	Número de muelle multipropósito.
6	Inputs	No_RTG	Números de Rubber Tyred Gantry (RTG).
7	Inputs	No_QC	Números de grúas pórticos de muelle. (Panamax y Súper Post Panamax)
8	Outputs	TEUs_Mov_19	TEU movilizados, anualmente.

Fuente: [23]

2.1. El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Según [12] para 1978 *Charnes, Cooper y Rhodes*, basado en la noción de eficiencia relativa, introducida por Farrell derivaron el primer método llamado a escala constante y conocido como DEA-CCR y utilizado en esta investigación. El segundo modelo DEA fue derivado en 1984 por *Banker, Charnes y Cooper*, el cual presenta la hipótesis de rendimientos variables de escala, conocido como DEA-BCC, en honor a sus nombres.

DEA mide la eficiencia de un conjunto de DMU basadas en las entradas y salidas [25]. Ahora bien, [14] enmarca que, DEA es un modelo de frontera no paramétrico el cual permite realizar un benchmarking para mejorar las unidades ineficientes, empleando solo la información disponible de las DMU sin recurrir a supuestos teóricos.

Por lo tanto, y de acuerdo con [26], en (1) se representa el modelo general de ratios a escala constante (DEA-CCR-Input).

$$\text{Maximizar } \left[e_j = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij}} \right] \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\left[\frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij}} \right] \leq 1 \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Donde:

e_j = eficiencia

ε = constante no-arquimediana estrictamente positiva cercana a cero.

i = entradas, presentadas en la Tabla 2.

j = DMU en estudio, presentadas en la Tabla 1.

k = Salidas, presentadas en la Tabla 2.

u_{ij} = peso del insumo que entra a la DMU (Puerto de estudio)

v_{kj} = peso del producto que sale de la DMU (Puerto de estudio)

Ahora bien, considerando que el denominador se mantiene constante, de acuerdo con (2), la eficiencia máxima se logrará directamente, maximizando el numerador de los outputs de cada DMU_j.

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} = 1 \quad (2)$$

El modelo DEA-CCR-Input restringe las infinitas soluciones óptimas del modelo a, solamente, un par de vectores de peso, partiendo de que se mantiene constante el denominador. Este modelo de programación lineal tendrá $(p + m)$ variables y $(n + 1)$ restricciones, y se expresa tal y como se muestra en (3).

$$\text{Maximizar } \sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj} = 1 \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

La forma dual o envolvente del modelo queda expresado tal como se observa en (4).

$$\text{Minimizar } \theta_j - \varepsilon \cdot \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right] \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} = \theta_j \cdot x_{ij} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{kj} = y_{kj} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Donde para las n variables:

λ_j = n restricciones primeras del primal

θ_j = corresponde a la restricción restante

t_k y s_i = holgura correspondiente a las variables entrada y salida.

Existe un binomio primal dual y las funciones objetivas coinciden con el óptimo, por lo que se puede expresar como se muestra en (5).

$$e_j^* = \theta_j^* - \varepsilon \cdot \left[\sum_{k=1}^p t_k^* + \sum_{i=1}^m s_i^* \right] = \sum_{k=1}^p v_{kj}^* \cdot y_{kj} \quad (5)$$

Lo que se pretende, con esta forma dual, es trabajar las combinaciones lineales entre los inputs y outputs, de la DMU_j en estudio y los puntos restantes. Esto permite crear unidades virtuales, con pares ordenados de entrada-salida y queda representado por $\theta_j x_{ij} - s_i, y_{kj} + t_k$ al minimizar el valor de θ_j se reduce el valor de los inputs de la DMU_j. Si se cumple que $\theta_j^* = 1$ y además que las variables de holgura $t_k^* = s_i^* = 0$ se dice que la DMU es eficiente [11].

Se aplicó el DEA por medio del *Software Frontier Analyst Application* Versión 4.0, propiedad de *Banxia Software* [27], y se utilizaron los resultados para la propuesta de Benchmarking o mejores prácticas.

El *Software Frontier Analyst* ha sido ampliamente utilizado para estudiar diversas áreas del conocimiento, por investigadores como: [19], [28], [29], [30], [31], entre otros.

Para validar los resultados obtenidos se procedió a contrastar las eficiencias resultantes de la investigación con los datos publicados por la [22] en el 2018, con el fin de determinar si los resultados obtenidos guardaban relación o no.

2.2. Benchmarking

De acuerdo con [10], la metodología que propone Farrell es una técnica basada en el concepto de “benchmarking”. De acuerdo con [14] el “benchmarking” se define como la medida de actuación, en comparación con un conjunto de unidades homogéneas, determinando cómo las más sobresalientes lograron alcanzar dichos niveles; y además, [20] indica que su objetivo primordial es identificar los “gaps” que llevan a una mejora potencial; en esta investigación, para elaborar el Benchmarking, se tomaron en cuenta al gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local; adaptando así las mejores prácticas de los puertos eficientes a los que no alcanzaron el 100% de eficiencia.

3. Resultados y discusión

Los ocho puertos estudiados son administrados por empresas reconocidas a nivel internacional, como se muestra en la tabla 3; Hay que resaltar que, en los puertos estudiados se han realizado inversiones importantes en infraestructura y adquisición de equipos necesarios para operar y poder competir con el mercado regional.

Tabla 3. Puertos estudiados y sus administradores portuarios.

Puerto	Administrador
Balboa y Cristóbal	Hutchison Port Holdings
Cartagena	Sociedad Portuaria de Cartagena
Caucedo	DP World
Colón CCT	Grupo Evergreen
Kingston Freeport Terminal Limited	CMA CGM
Manzanillo International Terminal	Carrix Inc. [SSA Marine]
PSA Panamá	PSA International

Fuente: [23]

En la tabla 4 se presenta el movimiento anual de TEU, en millones, desde el 2015 al 2019, para los ocho puertos estudiados.

Tabla 4. Millones de TEU movilizados

Año	Balboa	Cartagena	Caucedo	Colón CCT	Cristóbal	Kingston	MIT Panamá	PSA Panamá
2015	3.08	2.44	0.83	0.79	0.81	1.64	1.97	0.22
2016	2.83	2.35	0.92	0.63	0.79	1.65	1.83	0.16
2017	2.91	2.56	1.24	0.70	1.31	1.57	1.88	0.08
2018	2.05	2.75	1.27	0.82	1.28	1.56	2.23	0.61
2019	1.92	3.00	1.19	0.78	1.05	1.83	2.54	0.97

Fuente: [23]

En la tabla 5 se muestran algunos equipos, recursos y espacios valiosos que poseen los puertos estudiados para la operación portuaria.

Tabla 5. Algunos recursos que poseen los puertos.

Variables relevantes	Puertos							
	Balboa	Cartagena	Caucedo	Colón CCT	Cristóbal	Kingston	MIT Panamá	PSA Panamá
No. Quay Crane	25	21	8	13	13	19	19	11
No. RTG	83	70	23	30	47	19	24	9
Capacidad TEU Anual (Millones)	5	5	1.4	2.4	2	3.2	4	2
Hectáreas para almacenaje	47	60	80	27.8	28	194	52	25
Metros muelles para contenedores (en miles)	1,72	1,70	0.92	1,26	0.97	2,30	1,24	1,14
No. de muelle para contenedores	5	3	2	3	3	4	6	3
No. de Muelle multipropósito	2	1	2	4	6	5	3	3

Fuente: [23]

Con los datos, para las variables estudiadas, y empleando el *Software Frontier Analyst*, aplicando el modelo DEA a escala constante minimizado y orientado a los insumos, resultó que cuatro puertos resultaron con 100% de eficiencia, como se presenta en la en la tabla 6.

Tabla 6. Resultado de las eficiencias, de cada puerto, a escala constante con orientación a los insumos.

Puerto (DMU)	Eficiencia (CCR) (%)
Cartagena	100.00
Caucedo	100.00
MIT Panamá	100.00
PSA Panamá	100.00
Kingston	95.05
Cristóbal	82.05
Balboa	82.02
Colón (CCT)	56.66

Fuente: [23]

Los puertos que resultaron eficientes, de acuerdo con el modelo DEA-CCR, se utilizaron como unidades de referencias para estudiar los no tan eficientes y realizar análisis que se presentan a continuación:

Tomando en cuenta los resultados del modelo DEA-CCR y considerando el par de referencia Puerto de Cartagena, se puede señalar que Puerto Balboa cuenta con más recursos y movilizó menos TEU, durante el 2019, mientras que Cartagena movilizó un 55% más de TEU, además de que Cartagena cuenta con 27% más de hectáreas destinadas almacenamiento de contenedores, mostrado en la figura 1.

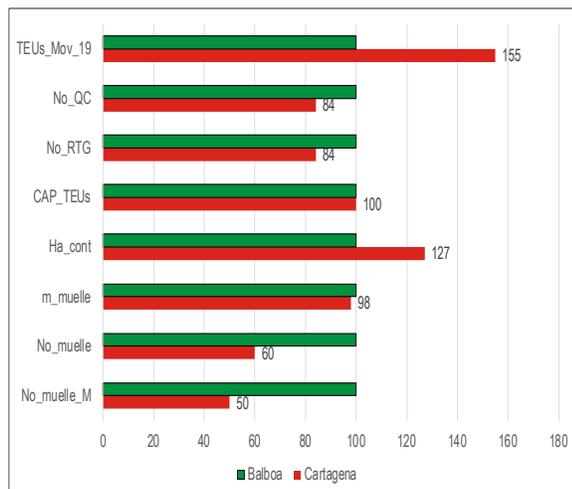


Figura 1. Comparación del Puerto Balboa con Cartagena.

En el caso del Puerto de Colón CCT es evidente que cuenta con menos recursos disponibles, limitante que fue aprovechada por el Puerto de Cartagena, el cual movilizó 281% más de TEU, durante el 2019, mostrado en la figura 2.

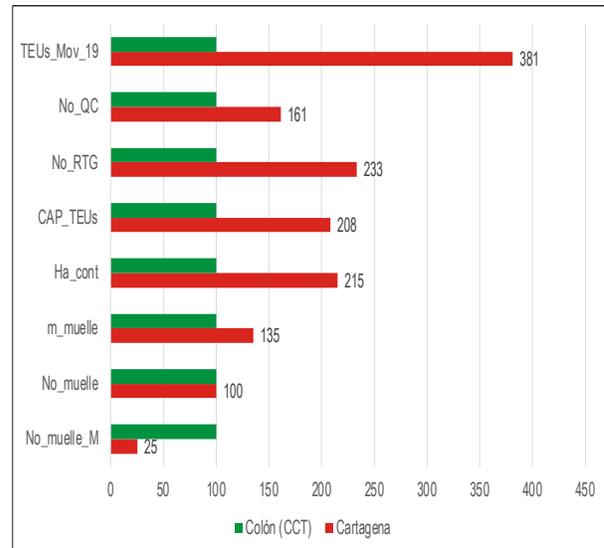


Figura 2. Comparación del Puerto Colón CCT con Cartagena.

Por otro lado, cuando comparamos el Puerto de Colón CCT con su otro par, el Puerto MIT Panamá, se evidencia que el Puerto Colón CCT tiene menos recursos, lo que permitió al Puerto MIT Panamá la movilización de un 224% más de TEU, mostrado en la figura 3.

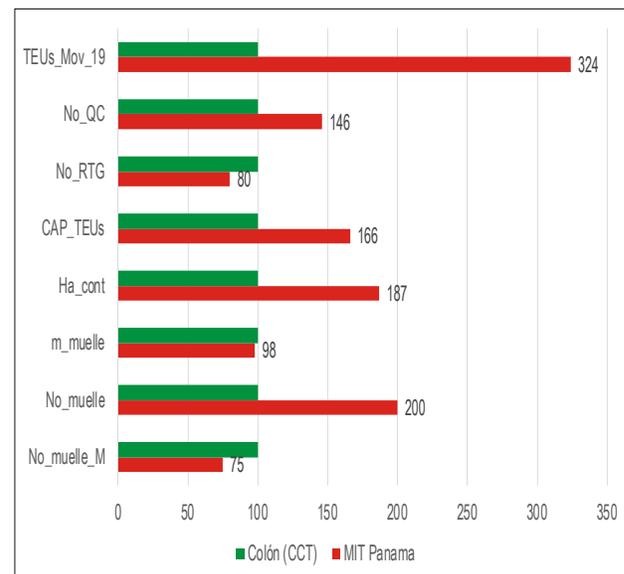


Figura 3. Comparación del Puerto Colón CCT con MIT.

También, es notorio que el Puerto Cristóbal cuenta con recursos subutilizados, sin embargo, Puerto Caucedo movilizó 13% más de TEU en el 2019, mostrado en la figura 4.

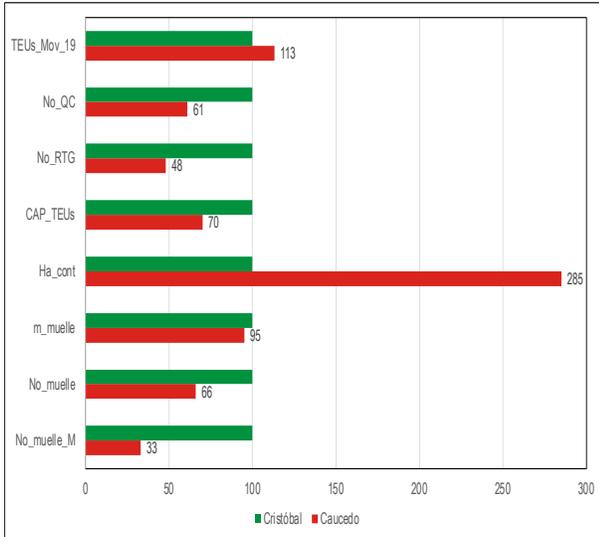


Figura 4. Comparación del Puerto de Cristóbal con Caucedo.

El Puerto Kingston (KFTL) cuenta con un número inferior de recursos, mientras que en otros aspectos sobrepasa a Puerto Cartagena. Sin embargo, Puerto Cartagena movilizó 76% más de TEU, durante el 2019, en comparación a Puerto Kingston, mostrado en la figura 5.

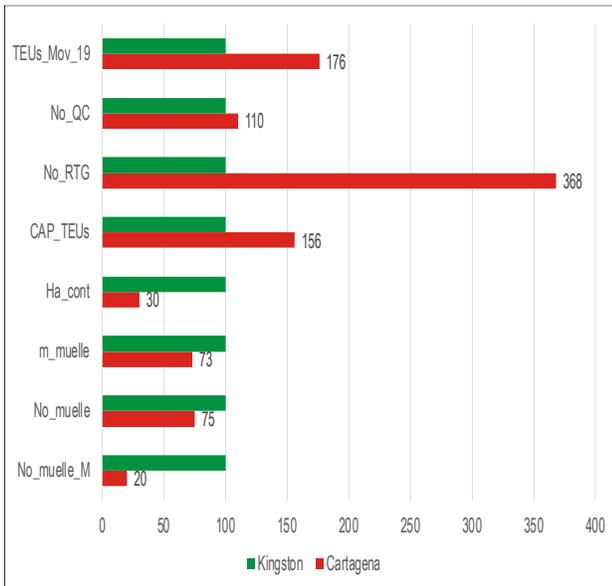


Figura 5. Comparación del Puerto Kingston con Cartagena

El Puerto de Kingston (KFTL), en comparación con el Puerto MIT Panamá, en algunos insumos cuenta con menos disponibilidad y esto permitió al Puerto MIT Panamá movilizar un 49% más de TEU durante el 2019; presentado en la figura 6.

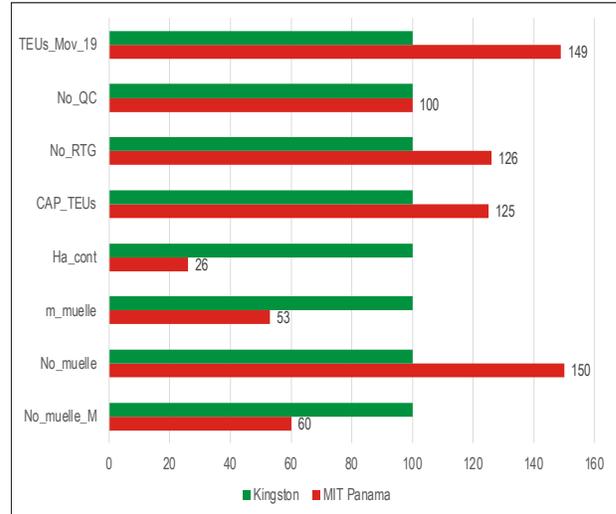


Figura 6. Comparación del Puerto Kingston con MIT.

Como mejoras potenciales se identificaron los recursos que los puertos ineficientes deben prestarle mayor relevancia y que resultaron en una reducción del uso de recursos disponibles, lo que se traduce en elaboración de políticas y toma de decisiones que redundan en la optimización de dichos recursos.

Es importante indicar que, [22] en su ranking portuario, agrupa los puertos panameños en dos grandes conjuntos portuarios: Caribe y Pacífico. En el Caribe se considera el conglomerado portuario conformado por: Puerto MIT Panamá, Puerto Colón CCT y al Puerto Cristóbal. Mientras que en el conglomerado del Pacífico se incluyen a: Puerto Balboa y Puerto PSA Panamá. De acuerdo con el Ranking 2018, de [22] y el resultado de la eficiencia encontrada, como resultado de la investigación, se puede indicar que hay puertos ocupando mejores posiciones en términos de eficiencia que en términos de movimiento de TEU anuales, como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Posición de la eficiencia encontrada en la investigación y comparada con el Ranking Portuario 2018.

Puertos	Eficiencia DEA CCR	Ranking de [22]	TEUs Movilizados en 2019
Cartagena	1	4	2,995,031
Caucedo	1	13	1,192,595
MIT Panamá	1	1	2,543,691
PSA Panamá	1	5	974,795
Kingston	2	8	1,696,527
Balboa	3	5	1,924,182
Cristóbal	4	1	1,051,534
Colón (CCT)	5	1	784,252

Para determinar las mejores prácticas que deben implementar los puertos panameños, además de las eficiencias resultantes de la investigación y los TEU movilizados, de acuerdo con [22] y autoridades portuarias de cada país, se tomaron en consideración, por país o puerto, lo siguiente datos: Posición del Índice de Competitividad Global del Banco Mundial, Índice de Conectividad del Banco Mundial, Índice de Conectividad Portuaria de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Índice de Calidad Portuaria del Banco Mundial, Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Indicadores de Desempeño Mundiales del Banco Mundial y las Estadísticas para buques portacontenedores de la UNCTAD.

De la misma manera, se identificó que el gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local son los principales actores que deben contribuir para que las mejores prácticas propuestas se alcancen, de manera individual o colaborativa, lo más pronto posible, con el fin de mantener al país competitivo frente al mercado regional, tal y como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Mejores prácticas que deben adoptar los puertos panameños.

No.	Benchmarking	Puertos	Gobierno e Instituciones	Mercados locales
1	Procurar mejoras significativas, en términos de conectividad marítima, considerando los aspectos planteados por [32]. Estas mejoras permitirán al país y a los puertos fortalecer y obtener mejoras evaluaciones internacionales, sin perder de vista a nuestros competidores regionales, los cuales han aprovechado el paso de carga por nuestro país y han mejorado sus infraestructuras portuarias y servicios.	X	X	X
2	Fortalecer el Índice de Desempeño Logístico, ya que a pesar de que contamos con una buena infraestructura portuaria es necesario seguir mejorando los procesos aduaneros, sistematización y digitalización de trámites gubernamentales, lo que redundará en la disminución del tiempo promedio de exportación y en trámites gubernamentales eficientes y de calidad.		X	
3	Fortalecer los servicios portuarios ofrecidos actualmente y proporcionar nuevos y sostenibles, con el fin de atraer más clientes que manejen su carga desde Panamá.	X		
4	Crear hub logísticos nacionales de exportaciones, cercanos al Canal de Panamá y a los principales puertos, con el objetivo de consolidar carga, facilitar la exportación y agregar valor a la carga que sale desde Panamá.		X	X
5	Procurar una capacidad instalada, a mediano plazo; por lo que, se deben ampliar los puertos existentes, (si disponen de espacio) y construir nuevas infraestructuras portuarias, cercanas al Canal de Panamá, de tal manera que se pueda absorber la carga que pasa por Panamá.	X	X	

No.	Benchmarking	Puertos	Gobierno e Instituciones	Mercados locales
6	Optimizar los recursos portuarios existentes, con el fin de movilizar la mayor cantidad de TEU posibles.	X		
7	Fortalecer la movilidad de la carga, entre los principales puertos, en ambas riberas del Canal, vía terrestre y ferroviaria; procurando que la densidad urbana, entre los puertos, no afecte dicha movilidad (Corredor logístico de carga entre el Caribe y Pacífico panameño, adyacente en ambas riberas del Canal de Panamá).		X	
8	Hay que asegurar que los conflictos laborales en los puertos no detengan la operación portuaria, ya que restan competitividad, lo que provoca una reducción de las evaluaciones de indicadores internacionales, reducción de ingresos y, por ende, en el desarrollo del país.	X		
9	Fortalecer las relaciones e integraciones de los puertos, con el fin de que la colaboración armónica permita dar respuesta a los clientes, ante eventos fortuitos, sin menoscabo de la autonomía que posee cada autoridad portuaria, lo que equivale a trabajo colaborativo.	X	X	X

Conclusiones

DEA es una herramienta no paramétrica robusta, pero no la única, que permite determinar las eficiencias de las organizaciones, para formular nuevos modelos en la toma de decisiones gerenciales, ya que se integran diversas variables y el uso de estas, que derivan en un alto impacto en la rentabilidad y competitividad de una actividad económica.

El análisis de eficiencia portuaria permitió determinar que un puerto que movilice más TEU, no necesariamente, resultará con altas medidas de eficiencia. Y de la misma manera, los puertos panameños, con mayor cercanía al Canal, no resultaron todos eficientes; por lo que, la hipótesis propuesta no se cumple en su totalidad.

Los cambios y mejoras propuestas para los puertos panameños derivaron del DEA y se incorporaron en el benchmarking portuario considerando tres actores importantes: los puertos, el gobierno y el mercado local.

El gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local deben contribuir en la mejora de la movilidad de carga por medio de planes de acciones conjuntas, de tal manera que permita fortalecer el Corredor Logístico de Carga que conecta a los puertos, parques, zonas logísticas del Caribe y el Pacífico panameño.

Se determinó que se necesitan hacer mejoras importantes como: agregar valor a la carga, ampliación de puertos existentes y construcción de nuevos terminales portuarias, construcción de un hub de exportaciones y fortalecer el corredor de carga y servicios portuarios.

Los puertos panameños deben ofrecer nuevos servicios portuarios con el fin de atraer nuevos clientes potenciales y de

esta manera incrementar el volumen de TEU movilizados anualmente.

Se recomienda la estandarización de la información, reportes y estadísticas portuarias tanto nacional como internacional. De la misma manera, realizar trabajos futuros de investigación tomando en cuenta los puertos que han adecuado sus instalaciones portuarias para recibir buques Neopanamax en América; así como realizar mediciones periódicas de la eficiencia para los puertos existentes con el objeto de generar un ranking de eficiencia portuaria de América Latina y el Caribe.

Esta investigación contribuye con el estudio actualizado de eficiencias portuarias para los puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá.

Como trabajo futuro, se recomienda desarrollar estudios en otros aspectos, incluidos la eficiencia, que permitan conocer los efectos causados por la COVID-19 sobre las operaciones portuarias y el movimiento de carga en la región.

Agradecimiento

Agradecemos a la Dra. Zoila Yadira Guerra de Castillo, profesora a tiempo completo de la Universidad Tecnológica de Panamá, por su orientación durante la realización de la investigación.

Referencias

- [1] A. Arieu, "Eficiencia técnica comparada en elevadores de granos de Argentina, bajo una aplicación de análisis de envolvente de datos. La situación del puerto de Bahía Blanca," Consorc. Gestión del Puerto Bahía Blanca, 2004.
- [2] R. J. Sánchez and F. Pinto, "El gran desafío para los puertos: la hora de pensar una nueva gobernanza portuaria ha llegado," Boletín FAL, Facil. del Transp. y el Comer. en América Lat. y el Caribe, vol. 337, no. 1, 2015, [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37847-gran-desafio-puertos-la-hora-pensar-nueva-gobernanza-portuaria-ha-llegado>.
- [3] K. Lucenti, I. Corbacho, E. Feijóo, and S. Deambrosi, "¿ Mantenerse a flote ? Oportunidades en el Sector del transporte marítimo de las Américas," BID, 2017, [Online]. Available: <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/mantenerse-a-flote-opportunidades-en-el-sector-del-transporte-maritimo-de-las-americas/>.
- [4] F. Arroyo Crejo, "Análisis de Inversiones Portuarias y Aeroportuarias en América Latina y el Caribe 2040," 2016. [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1180>.
- [5] M. A. Lara G., "Optimization of Container Port Operations using Data Envelopment Analysis," no. Imsci, pp. 82–87, 2018, [Online]. Available: <http://www.iiis.org/CDs2018/CD2018Summer/papers/HA327SV.pdf>.
- [6] F. Romero M., "La tendencia en el mundo es buscar la eficiencia portuaria," La Prensa, Honduras, San Pedro Sula, Honduras, 2016.
- [7] D. Cabone, M. Frutos, and R. Casal, "Eficiencia Portuaria, Análisis de los indicadores para su determinación," VII Cong. Argentino Ing. Ind. En Puerto Madryn, Argentina, vol. 1, no. October 2014, 2014, doi: 10.13140/2.1.2287.3285.
- [8] I. Lábas, "Importance of Applying Data Envelopment Analysis in Case of Higher Educational Institutions," Ann. Fac. Econ. Univ. Oradea, Fac. Econ., vol. 1, pp. 742–749, 2015, [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/ora/journl/v1y2015i1p742-748.html>.
- [9] M. González and A. Cararero, "Caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español," Ingeniería y Cienc., vol. 5, no. 10, pp. 49–73, 2009, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3198458>.
- [10] A. R. Schuschny, "El Método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe," Chile, 2007. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4752-metodo-dea-su-aplicacion-al-estudio-sector-energetico-emisiones-co2-america>.
- [11] J. M. Saborido B., "Modelos DEA de metafrontera: un análisis temporal usando el índice de Malmquist," Universidad de Sevilla, 2013. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5291/fichero/MODELLOS+DEA+DE+METAFRONTERA.pdf>.
- [12] A. Vázquez, "Eficiencia técnica y cambio de productividad en la educación superior pública: un estudio aplicado al caso español (2000-2009)," Universidad Autónoma de Madrid, 2011.
- [13] C. B. Peretto, "Métodos Para Medir Y Evaluar La Eficiencia De Unidades Productivas," Rev. la Esc. Perfecc. en Investig. Oper., vol. 24, no. 39, pp. 5–25, 2016, [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/16540/16354>.
- [14] A. Gutiérrez O., "El Puerto de Lázaro Cárdenas y su eficiencia en la cuenca del Pacífico (2003- 2008): Un Análisis Envolvente de Datos (DEA)," 2010.
- [15] V. A. Chang R. and M. A. Carvajal N., "Medición de productividad y eficiencia de los puertos regionales del Perú: un enfoque no paramétrico," 2010. [Online]. Available: https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/medicion_de_productividad_y_eficiencia_de_los_puertos_0.pdf.
- [16] F. Chediak P. and L. E. Valencia A., "Metodología para medir la eficiencia mediante la técnica del Análisis Envolvente de Datos-DEA-," Vector, vol. 3, pp. 70–81, 2008, [Online]. Available: http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector3_7.pdf.
- [17] M. K. Epstein and J. C. Henderson, "Data Envelopment Analysis for Managerial Control and Diagnosis," Decis. Sci., vol. 20, no. 1, pp. 90–119, Mar. 1989, doi: 10.1111/j.1540-5915.1989.tb01399.x.
- [18] J. Aparicio B., "Una introducción al análisis envolvente de datos.," Boletín Estadística e Investig. Oper., vol. 23, no. 1, pp. 12–17, 2007, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/28299160_Una_introduccion_al_analisis_envolvente_de_datos.
- [19] J. M. Huguéin, Data Envelopment Analysis (DEA) - A pedagogical guide for decision makers in the public sector, vol. 41, no. 0. 2012.
- [20] O. Doerr and R. J. Sánchez, "Indicadores De Productividad Para La Industria Portuaria.," 2006.
- [21] PNUD and CCND, "Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado," Panamá, 2017. [Online]. Available: <https://www.pa.undp.org/content/panama/es/home/library/poverty/plan-estrategico-nacional-con-vision-de-estado-2030.html>.
- [22] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "Informe de la actividad portuaria de América Latina y el Caribe 2018," 2018. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/notas/informe-la-actividad-portuaria-america-latina-caribe-2018>.
- [23] W. A. Ibarra V., "Determinación de la eficiencia de los puertos panameños a través del Análisis Envolvente De Datos (DEA)," Universidad del Caribe, Panamá, 2020.
- [24] C. Simón de Blas, A. Arias Coello, and J. Simón Martín, "Efficiency in the provision of public services: a DEA of the Universidad Complutense de Madrid," Rev. española Doc. Científica, vol. 30, no. 1, pp. 9–23, Mar. 2007, doi: 10.3989/redc.2007.v30.i1.366.
- [25] J. F. Lopez, S. Fernández H., and M. M. Morales, "Aplicación de la técnica DEA (Data Envelopment Analysis) en la determinación de eficiencia de centros de costos de producción," Sci. Tech., vol. XIII, no. 37, pp. 395–400, 2007, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4787530>.
- [26] L. A. M. Clemente Moquillaza, "Optimización de la eficiencia operativa de las oficinas de un banco comercial utilizando DEA (data envelopment analysis)," Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019.
- [27] A. Hussain and M. Jones, "An Introduction to Frontier Analyst @ 4," 2010. [Online]. Available: <https://banxia.com/pdf/fa/FAWorkbook1.pdf>.
- [28] J. Solana Ibáñez, "Evaluación de la Eficiencia Técnica de Unidades Productivas mediante el Análisis Envolvente de Datos: software Frontier Analyst Professional," 4o Congr. Int. Multidiscip. Investig. Educ., 2015, [Online]. Available: <http://amiedu.org/actascmie15/wp-content/uploads/2016/06/Contribution407.pdf>.
- [29] V. M. Olmedo Vázquez, J. L. Minjares Lugo, E. C. Poyato, M. L. H. Hernández, and J. A. Rodríguez Díaz, "Uso del análisis envolvente de datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los módulos del distrito de riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México)," Rev. la Fac. Ciencias

Agrar., vol. 49, no. 2, pp. 127–148, 2017, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527010.pdf>.

- [30] F. M. Barretto Mac Dowell, "Uma aplicação do método de Data Envelopment Analysis - DEA para medir a eficiência operacional dos terminais de contêineres," e Gestão, vol. 3, no. 3, jul./set., pp. 105–128, 2007, [Online]. Available: <https://www.unisantos.br/mestrado/gestao/egesta/artigos/119.pdf>.

[31] G. Campos Pires, "Estudo da eficiência de terminais de contêineres usando o método da Análise Envoltória de Dados (DEA)," Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

[32] UNCTAD, "Informe sobre el transporte marítimo 2017," 2017. [Online]. Available: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2017_es.pdf.