



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

---

## Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN  
NEGOCIOS INTERNACIONALES

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN  
CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

***La Eficiencia Logística Portuaria de Asia-Pacífico  
en el Periodo 2010-2019: Un Análisis a Través de  
la Envolvente de Datos (DEA)***

PRESENTA:

**ING. MARÍA FERNANDA MEJÍA HERREJÓN**

DIRECTORA DE TESIS:

**DRA. ODETTE VIRGINIA DELFÍN ORTEGA**

*Morelia, Michoacán; septiembre de 2022.*

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de Morelia, Mich., el día 19 de septiembre de 2022, los miembros de la Mesa de Sinodales designada por el H. Consejo Técnico del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), aprobaron presentar el examen de grado la tesis titulada:

**“LA EFICIENCIA LOGÍSTICA PORTUARIA DE ASIA-PACÍFICO EN EL PERIODO  
2010-2019: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)”**

Presentada por la alumna:

***María Fernanda Mejía Herrejón***

Aspirante al grado de **Maestra en Ciencias en Negocios Internacionales**. Después de haber efectuado las revisiones necesarias, los miembros de la Mesa de Sinodales manifestaron SU APROBACIÓN DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA MESA DE SINODALES

Directora de la Tesis

---

Dra. Odette Virginia Delfín Ortega

---

Dr. Antonio Favila Tello

---

Dr. José César Lenin Navarro Chávez

---

Dr. Plinio Hernández Barriga

---

Dra. Martha Beatriz Flores Romero

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de Morelia, Michoacán, el día 19 de septiembre de 2022, la que suscribe **MARÍA FERNANDA MEJÍA HERREJÓN**, alumna del programa de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales adscrita al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE), manifiesta ser la autora intelectual del presente trabajo de tesis, desarrollado bajo la dirección de la Dra. Odette Virginia Delfin Ortega y cede los derechos del trabajo titulado **“LA EFICIENCIA LOGÍSTICA PORTUARIA DE ASIA-PACÍFICO EN EL PERIODO 2010-2019: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)”** a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin la autorización escrita de la autora y/o directora del mismo. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo, deberá realizarse conforme a las prácticas legales establecidas para este fin.



---

**MARÍA FERNANDA MEJÍA HERREJÓN**

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

CARTA DE ORIGINALIDAD

A QUIEN CORRESPONDA. –

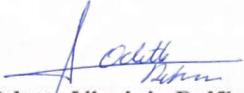
Por este medio se hace constar que el trabajo de tesis titulado **“LA EFICIENCIA LOGÍSTICA PORTUARIA DE ASIA-PACÍFICO EN EL PERIODO 2010-2019: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)”** realizado por la alumna **María Fernanda Mejía Herrejón** con matrícula 2026661J de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales, dirigido por la Dra. Odette Virginia Delfín Ortega, fue analizado a través de la herramienta de detección de plagio iThenticate de Turnitin.

Con base en el reporte de las similitudes encontradas por dicha herramienta informática, **se considera que el trabajo de tesis no constituye un plagio** con respecto a obras de terceros.

Los resultados del análisis se encuentran bajo resguardo de la coordinación de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales y de la Secretaría Académica del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE

Morelia, Mich., a 19 de septiembre de 2022

  
Dra. Odette Virginia Delfin Ortega  
Directora de Tesis

  
María Fernanda Mejía Herrejón  
Alumna

# Dedicatoria

A mis padres **Olimpia Herrejón** y **Alejandro Mejía** por celebrar mis logros y éxito, pero, sobre todo, sostenerme en tiempos difíciles, su apoyo ha labrado siempre un camino seguro y acogedor, su compañía y tiempo son invaluableles.

A mi hermano **Adal** y a **Amélie**, quienes han sido una fuente inagotable de inspiración. A **Teté**, por ser mi confidente en momentos decisivos y su amor de abuelita. A **Marlene** por ser mi red de apoyo incondicional para emprender nuevos proyectos de vida, y permanecer.

Y por último a **Alex**, quien me ha ayudado a ver que siempre hay otro camino, su creatividad y cariño han aportado mucho en la recta final de este trabajo.

Sobre todo, lo dedico a **Dios**.

# Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), y al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) por ser un estandarte de calidad educativa, por facilitar vías de investigación para el progreso de la sociedad y dejarme ser parte de su comunidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que con sus aportaciones económicas nos brindó un espacio en un programa de estudios de los más altos estándares, y que permite el crecimiento continuo de profesionales mexicanos.

A mi directora de tesis la Dra. Odette V. Delfín Ortega quien fue de vital importancia en el desarrollo de este estudio, su guía, su orientación, y acompañamiento fueron piezas clave para la culminación de este proyecto, agradezco la confianza que puso en mí para realizar esta investigación.

Quiero dar gracias a mis sinodales, Dr. José César Lenin Navarro, Dr. Antonio Favila, Dr. Plinio Hernández y la Dra. Martha Beatriz Flores cuyas observaciones resultaron de un impacto enriquecedor a este trabajo de investigación.

Agradezco infinitamente al cuerpo docente, mis profesores, compañeros y colegas que fueron parte de este viaje.

# CONTENIDO

<b>RELACIÓN DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS</b> .....	<b>1</b>
RELACIÓN DE TABLAS.....	1
RELACIÓN DE GRÁFICOS.....	2
RELACIÓN DE FIGURAS.....	3
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	<b>4</b>
<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>15</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.1 <i>Hipótesis general</i> .....	21
1.6 VARIABLES.....	21
1.6.1 <i>Variables independientes (X)</i> .....	21
1.6.2 <i>Variable dependiente (Y)</i> .....	22
<b>CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL Y REFERENCIAL DE LA REGIÓN ASIA-PACÍFICO</b> .....	<b>23</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
2.2 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REGIÓN ASIA-PACÍFICO.....	23
2.3 DINAMISMO COMERCIAL DE LA REGIÓN ASIA-PACÍFICO.....	30
2.4 MECANISMOS DE COOPERACIÓN EN ASIA- PACÍFICO.....	31
2.4.1 <i>APEC</i> .....	31
2.4.2 <i>ASEAN</i> .....	36
2.4.3 <i>ALIANZA DEL PACÍFICO</i> .....	37
2.4.4 <i>TIPAT</i> .....	37

2.5 MOVIMIENTO COMERCIAL MARÍTIMO DE LA REGIÓN ASIA- PACÍFICO.....	41
2.6 PAÍSES QUE CONFORMAN ASIA- PACÍFICO, SUS PUERTOS REPRESENTATIVOS Y CARACTERÍSTICAS.....	42
2.6.1 <i>Australia</i> .....	42
2.6.2 <i>Bangladesh</i> .....	43
2.6.3 <i>Brunéi Darussalam</i> .....	43
2.6.4 <i>Camboya</i> .....	44
2.6.5 <i>Canadá</i> .....	44
2.6.6 <i>Chile</i> .....	45
2.6.7 <i>China</i> .....	45
2.6.8 <i>Colombia</i> .....	45
2.6.9 <i>Estados Unidos</i> .....	46
2.6.10 <i>Filipinas</i> .....	46
2.6.11 <i>Hong Kong</i> .....	47
2.6.12 <i>India</i> .....	47
2.6.13 <i>Indonesia</i> .....	48
2.6.14 <i>Islas Fiji</i> .....	48
2.6.15 <i>Islas Maldivas</i> .....	49
2.6.16 <i>Japón</i> .....	49
2.6.17 <i>Malasia</i> .....	50
2.6.18 <i>México</i> .....	50
2.6.18.1 <i>Manzanillo</i> .....	52
2.6.18.2 <i>Lázaro Cárdenas</i> .....	53
2.6.18.3 <i>Ensenada</i> .....	55
2.6.19 <i>Myanmar</i> .....	56
2.6.20 <i>Nueva Zelanda</i> .....	56
2.6.21 <i>Papúa Nueva Guinea</i> .....	57
2.6.22 <i>Perú</i> .....	57
2.6.23 <i>República de Corea</i> .....	58
2.6.24 <i>Rusia</i> .....	58
2.6.25 <i>Samoa</i> .....	58
2.6.26 <i>Singapur</i> .....	59
2.6.27 <i>Sri Lanka</i> .....	59
2.6.28 <i>Tailandia</i> .....	60
2.6.29 <i>Taiwán</i> .....	60
2.6.30 <i>Vietnam</i> .....	60

## **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO ..... 62**

3.1 INTRODUCCIÓN .....	62
3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DE EFICIENCIA .....	62
3.2.1 <i>Eficiencia y productividad</i> .....	64
3.2.2 <i>Eficiencia y competitividad</i> .....	65
3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE EFICIENCIA .....	67
3.3.1 <i>Eficiencia técnica</i> .....	68
3.3.2 <i>Eficiencia asignativa</i> .....	69
3.3.3 <i>Eficiencia global o económica</i> .....	70

3.4 MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS Y PARAMÉTRICOS .....	70
3.5 MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS .....	71
3.5.1 Método DEA .....	71
3.5.1.1 Antecedentes DEA .....	72
3.5.1.2 Fundamentos teóricos y metodológicos de los modelos DEA.....	72
3.5.1.3 Modelo DEA-CCR (Charnes, Cooper & Rhodes).....	74
3.5.1.4 Modelo DEA-BCC (Banker, Charnes & Cooper).....	74
3.5.1.5 Ventajas y desventajas en la utilización de los modelos DEA.....	75
3.5.2 Modelo FDH.....	77
3.5.2.1 Fundamentos del modelo FDH.....	77
3.6 MÉTODOS PARAMÉTRICOS.....	78
3.6.1 Modelo SFA .....	78
3.6.1.1 Antecedentes de SFA.....	78
3.6.1.2 Diferencias entre SFA y DEA .....	79
<b>CAPÍTULO IV MODELO DE ANÁLISIS DEA.....</b>	<b>81</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	81
4.2 MÉTODO DEA.....	81
4.3 FRONTERA DE EFICIENCIA EN DEA: CRS Y VRS.....	84
4.4 MODELO CCR DE RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA (CRS) .....	86
4.4.1 Modelo CCR-INPUT .....	88
4.4.2 Modelo CCR-OUTPUT.....	93
4.5 MODELO BCC DE RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA (VRS).....	95
4.5.1 Modelo BCC-INPUT.....	95
4.5.1 Modelo BCC- OUTPUT.....	96
4.6 ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS PARA EL MODELO DEA.....	98
4.6.1 Análisis Benchmarking.....	98
4.6.2 Análisis de Slacks.....	99
<b>CAPÍTULO V MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA PORTUARIA EN ASIA- PACÍFICO.....</b>	<b>101</b>
5.1 INTRODUCCIÓN .....	101
5.2 METODOLOGÍA .....	101
5.3 REVISIÓN DE LITERATURA Y SELECCIÓN DE VARIABLES .....	104
5.4 ELECCIÓN DE DMU'S O ESPACIO MUESTRAL .....	111
5.5 SELECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE <i>INPUTS</i> Y <i>OUTPUTS</i> .....	114
<b>CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS DEA.....</b>	<b>117</b>
6.1 RESULTADOS DE EFICIENCIA GLOBAL DE LOS PUERTOS DE ASIA-PACÍFICO PARA 2010-2019.....	117
6.1.1 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2010.....	120
6.1.2 Resultados DEA eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2011.....	121
6.1.3 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2012.....	121
6.1.4 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2013.....	122
6.1.5 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2014.....	122

6.1.6 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2015.....	122
6.1.7 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2016.....	123
6.1.8 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2017.....	123
6.1.9 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2018.....	124
6.1.10 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2019.....	124
6.2 ANÁLISIS <i>BENCHMARKING</i> CON RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA PUERTOS ASIA-PACÍFICO 2019 .....	125
6.2 ANÁLISIS DE <i>SLACKS</i> CON RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA PUERTOS ASIA-PACÍFICO 2019 .....	127
6.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	130
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>134</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>162</b>
ANEXO 1. MATRIZ METODOLÓGICA .....	162
ANEXO 2. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2010.....	163
ANEXO 3. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2011.....	164
ANEXO 4. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2012.....	165
ANEXO 5. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2013.....	166
ANEXO 6. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2014.....	167
ANEXO 7. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2015.....	168
ANEXO 8. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2016.....	169
ANEXO 9. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2017.....	170
ANEXO 10. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2018.....	171
ANEXO 11. RESULTADOS DEA DE EFICIENCIA PORTUARIA ASIA-PACIFICO PARA 2019.....	172

## Relación de tablas, gráficos y figuras

### Relación de tablas

Tabla 1. LPI Global Ranking 2018. Indicador agregado para el periodo 2012-2018 .....	17
Tabla 2. Comportamiento económico y comercial en 2017 de los países adheridos a APEC .....	35
Tabla 3. Puertos principales de TIPAT y su comercio 2018 .....	40
Tabla 4. Movimiento de TEU's de la región Asia- Pacífico para 2019 .....	41
Tabla 5. Evolución del tráfico marítimo para México de 2010 a 2019 .....	52
Tabla 6. Ventajas y desventajas del método DEA .....	75
Tabla 7. Diferencias de los Métodos DEA y SFA .....	79
Tabla 8. Revisión literaria: Relación de variables seleccionadas en la medición de eficiencia portuaria.....	105
Tabla 9. Puertos Asia- Pacífico, DMU's analizados mediante DEA.....	113
Tabla 10. Selección de <i>inputs</i> y <i>output</i> .....	116
Tabla 11. Resultados globales de Eficiencia de puertos de Asia-Pacífico para 2010-2019 .....	118
Tabla 12. Análisis <i>Benchmarking</i> con VRS de los puertos de Asia-Pacífico 2019 .....	125
Tabla 13. Análisis Slack con rendimientos variables a escala puertos Asia-Pacífico 2019.....	128

## Relación de gráficos

<b>Gráfico 1. Carga Contenerizada del puerto de Lázaro Cárdenas a diciembre de 2019 .....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfico 2. Representación de la Eficiencia Técnica, Asignativa y Global.....</b>	<b>82</b>
<b>Gráfico 3. Fronteras de eficiencia basadas en modelos CCR y BCC .....</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 4. Frontera de eficiencia para el modelo CCR-<i>Input</i>.....</b>	<b>93</b>
<b>Gráfico 5. Frontera de eficiencia para el modelo CCR-<i>Output</i>.....</b>	<b>94</b>
<b>Gráfico 6. Frontera eficiente para el modelo BCC-I para una entrada y una salida .....</b>	<b>96</b>
<b>Gráfico 7. Eficiencia Técnica Global de los mexicanos de 2010 a 2019.....</b>	<b>119</b>

**Relación de figuras**

**Figura 1. Mapa de los países que conforman la región Asia- Pacífico..... 25**

**Figura 2. Problemas y desafíos identificados por APEC en el Transporte Marítimo ..... 32**

**Figura 3. Mapa del Sistema Portuario Nacional, 2017..... 51**

**Figura 4. Fabricación de una DMU..... 73**

**Figura 5. Proceso para la medición de la eficiencia..... 103**

## Glosario de términos

**Almacenamiento de mercancía:** El almacenamiento temporal de contenedores es un servicio que se ofrece a los propietarios de la mercancía en los procesos de transporte. Consiste en disponer de un espacio en el que los contenedores pueden permanecer durante el tiempo que requieran mientras llega el medio (barco, tren o camión) en el que deben ser cargados (Cuberos, 2015).

**Análisis de *slacks*:** para los *inputs* estas holguras representan la cantidad que se podría ahorrar cada productor en la utilización de los mismos en el caso de ser eficiente, mientras que, para los *outputs* se identifican con cuánto podría incrementar la producción si alcanzara un comportamiento eficiente (Cordero, 2006).

**Benchmarking:** Es una herramienta práctica para mejorar el rendimiento al aprender de las mejores prácticas y comprender los procesos mediante los cuales se logran (Antão, Guedes & Gerretsen, 2005).

**Bootstrap:** Esta técnica es usada como una eficaz herramienta para analizar la sensibilidad de la medición de los resultados de eficiencia a las variaciones de las muestras, mediante el remuestreo muestras (Simar & Wilson, 1998).

**Cambio del modo de transporte:** Destinado tanto a las líneas de transporte como a los propietarios de la mercancía, las TPC<sup>1</sup> ofrecen los medios necesarios para llevar a cabo el cambio del modo de transporte. Además, esto se complementa con la posibilidad de trasladar la carga con diferentes puntos del *hinterland* de la terminal, posibilidad de transbordo a barcas con destino a otras terminales más pequeñas, etc. (Cuberos, 2015).

---

<sup>1</sup> Terminal Portuaria de Contenedores.

**Competitividad:** A nivel de empresa la competitividad está asociada con rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros. Las empresas logran una ventaja competitiva por medio del fomento de la innovación, y su capacidad de empuje para innovar se ve afectada por las cinco propiedades: la estrategia, estructura y rivalidad de las empresas, las condiciones de la demanda, los sectores afines y auxiliares, y las condiciones de los factores (Piñeiro, 2016).

**DEA:** El modelo del análisis de la envolvente de datos (DEA) es un método no paramétrico de programación lineal que facilita la construcción de una superficie envolvente o frontera eficiente a partir de los datos disponibles del conjunto de entidades que son objeto de estudio, conocidas como *Decision Making Unit* (DMU), y cada una de ellas obtiene un peso o valor de los *inputs* y *outputs* que maximizan el valor de eficiencia de su producción (Navarro & Delfín, 2018).

**Unidades de Toma de Decisión o DMU:** *Decision Making Unit*, empleándose para dicha evaluación múltiples entradas y salidas para cada una de las DMU's consideradas. Las DMU's deben ser comparables: tanto sus entradas como sus salidas deben ser medibles en unidades homogéneas para todas ellas (Charnes *et al.*, 1997).

**Eficiencia:** Es la capacidad de alcanzar los objetivos programados con el mínimo de recursos disponibles, logrando así su optimización. Alternativamente, puede expresarse como el alcanzar el máximo objetivo para los recursos disponibles (Seijas, 2004).

**Eficiencia asignativa o de costos:** se refiere a que el gasto monetario total en insumos utilizados para producir una cantidad dada de bienes sea el mínimo posible de acuerdo a los precios de los insumos (Yarad, 1990).

**Eficiencia global o económica:** es el producto de ambas eficiencias (técnica y asignativa) provee una medida de la eficiencia global, que también es conocida como eficiencia económica, la cual surge básicamente cuando la sociedad debe maximizar en términos dinámicos sus beneficios a partir de recursos escasos con los que cuente (Arzubi & Berbel, 2002).

**Eficiencia técnica:** Se define en relación con un conjunto dado de empresas, con respecto a un conjunto dado de factores medidos de una manera específica, y cualquier cambio en estas especificaciones afectará la medida. Se logra si se alcanza el coste mínimo de obtener un nivel dado de producción o servicio, con una combinación concreta de factores de producción (orientación *input*) (Farrell, 1957).

**Foreland:** zona de influencia que tiene un puerto como origen o destino de mercancía de su *hinterland*, es decir, es un área de influencia en el puerto a la cual se dirige la carga generada por su *hinterland*. Su importancia radica principalmente en el número de puertos que a nivel mundial constituyen sus mercados potenciales (UNCTAD, 1992).

**FDH:** es un método no paramétrico que mide la eficiencia de las unidades de producción o unidades de toma de decisiones (Deprins, Simar y Tulkens, 1984).

**Hinterland:** región nacional o internacional, que representa un área de influencia del puerto alrededor del mismo, es decir, la zona en el interior del territorio del país al que pertenece y que incluso puede extenderse hacia otras naciones colindantes. Sus límites están condicionados a la existencia de infraestructura de conectividad terrestre, tanto carretera como ferroviaria (UNCTAD, 1992).

**Hub o puerto pivote:** es aquel que opera como terminal de tránsito oceánico, es decir, que no necesita enlaces directos con el sistema terrestre, dado que su infraestructura le permite operar y transbordar buques porta contenedores a buques

alimentadores (*feeder*), que operan con varios destinos locales (Martner, 2002, 2010).

**Logística:** es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes (Valles & Gaviño, 2011).

**Puerto Marítimo:** Son interfaces entre los distintos modos de transporte y son típicamente centros de transporte combinado. En suma, son áreas multifuncionales comerciales e industriales donde las mercancías no sólo están en tránsito, sino que también son manipuladas, manufacturadas y distribuidas (UNCTAD, 1992).

**Productividad:** es una mera medición de la relación entre el total producido y los recursos empleados en un momento dado del tiempo y dada la escala de producción elegida (Doerr & Sánchez, 2006).

**SFA:** consiste en una estimación de función de producción para terminales de contenedores, en donde los factores de capital son los *inputs* y dan como resultado los *outputs*. Como resultado, la eficiencia técnica varía con el tiempo y se calcula como parte del término residual, condicionado a un conjunto de variables independientes. Los resultados proporcionan una guía para comprender los factores explicativos de la eficiencia técnica y tendencias en el tiempo, subregiones y países (Morales et. al, 2013).

## Siglas y abreviaturas

<b>APEC</b>	<i>Asia-Pacific Economic Cooperation</i> o Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico
<b>API</b>	Administración Portuaria Integral
<b>ASEAN</b>	<i>Association of Southeast Asian Nations</i> o La Asociación de Naciones del Sureste Asiático
<b>BIMCO</b>	<i>The Baltic and International Maritime Council</i> o Consejo Internacional y del Báltico Marítimo
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>CGPMM</b>	Coordinación General de Puertos y Marina Mercante
<b>DEA</b>	<i>Data Envelopment Analysis</i> o Análisis Envoltante de Datos
<b>DMU</b>	<i>Decision Making Unit</i> o Unidad de Toma de Decisiones
<b>FDH</b>	<i>Free Disposal Hull</i> o casco o cobertura de disposición libre
<b>IED</b>	Inversión Extranjera Directa
<b>LPI</b>	<i>Logistics Performance Index</i> o <i>Indicador de Desempeño Logístico</i>
<b>MPSS</b>	<i>Most Productive Scale Size</i> (tamaño de escala más productivo)
<b>OMI</b>	Organización Marítima Internacional
<b>OPEP</b>	Organización de Países Exportadores de Petróleo
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>SFA</b>	<i>Stochastic Frontier Analysis</i> o Análisis de Frontera Estocástica
<b>TIPAT</b>	Tratado Integral Y Progresista De Asociación Transpacífico
<b>TEU</b>	<i>Twenty Foot Equivalent Unit</i> o unidad de medida equivalente a un contenedor estándar de 20 pies.
<b>TPC</b>	Terminal Portuaria de Contenedores
<b>UNCTAD</b>	<i>United Nations Conference On Trade and Development</i> o Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

## Resumen

Utilizando el enfoque del Análisis Envolvente de Datos (DEA), este estudio pretende evaluar la eficacia de 41 puertos de la zona de Asia-Pacífico entre 2010 y 2019. Este modelo se implementa utilizando la longitud del muelle, las grúas de pórtico y los trabajadores como insumos y los TEU y las toneladas movidas anualmente como productos. Se desarrolló con rendimientos variables a escala (VRS) con una orientación de salida. A esta metodología se añadió el análisis de benchmarking para identificar los puertos de referencia y el análisis de slacks para ofrecer la dirección en la que deben modificarse los inputs y los outputs para aumentar los niveles de eficiencia de las DMUs.

Los resultados mostraron que los puertos chinos de Qingdao y Tianjin, el puerto canadiense de Vancouver y el puerto de Singapur son eficientes en todos los años estudiados; en cambio, los puertos mexicanos, que ocuparon las últimas posiciones, se mostraron ineficientes, por lo que habría que hacer un ajuste en la combinación de sus rendimientos.

**Palabras clave:** *Eficiencia, puertos de Asia-Pacífico, DEA, Benchmarking, Slacks.*

## Abstract

This study uses DEA (Data Envelopment Analysis) methodology and a model with variable returns to scale with output orientation to assess the level of efficiency of 41 ports located in the Asia-Pacific region between 2010 and 2019. The method takes into account the quayside, gantry cranes, and employees as inputs and TEUs and tons moved annually as outputs. The benchmarking analysis to identify reference ports and the slacks analysis to offer the direction in which the inputs or outputs will have to be altered to increase the efficiency levels of the DMUs were included in this technique. The results demonstrated the hypotheses raised in the investigation, allowing it to be concluded that the low levels of efficiency are a reflection of an insufficient use of the resources and that, as a result, an adjustment in the combination of their producing factors is necessary. The results showed that the Chinese ports of Qingdao and Tianjin, the Canadian port of Vancouver, and the port of Singapore are efficient in all the years studied; in contrast, the Mexican ports, which were located in the last places.

**Keywords:** *Efficiency, Asia Pacific ports, DEA, Benchmarking, Slacks.*

## Introducción

Más de la mitad de los productos básicos se importan y exportan a través de los puertos marítimos, lo que los convierte en uno de los lugares más importantes para llevar a cabo el comercio internacional en los últimos años.

La regulación debe ser de alta calidad para garantizar que la liberalización del sector aumente efectivamente la competencia y aporte los beneficios asociados a esta industria. Los sectores del transporte, como el marítimo, tienen un impacto significativo en la conectividad y la competitividad económica de un país (Mattoo & Stern, 2008).

Se espera que el comercio marítimo internacional aumente a una tasa media de crecimiento anual del 3,4% de 2019 a 2024, según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), sobre todo debido a un aumento de los contenedores, los graneles secos y el gas. Sin embargo, el entorno actual del transporte marítimo sigue siendo incierto, con riesgos que se inclinan hacia lo negativo (UNCTAD, 2019).

Para resaltar la importancia de la región comercial de Asia- Pacífico, el *World Integrated Trade Solution* en sus datos de 2018 para esta zona (en todos los niveles de ingreso) tuvo un total de exportaciones de 5, 890, 093,657.26 en miles de US\$ y un total de importaciones de 5, 498, 922,163.87 en miles de US\$ llevando a un positivo saldo comercial of 391, 171,493.38 en miles de US\$ (WITS, 2018).

El crecimiento económico de una nación se verá fortalecido como resultado de que los puertos sean más eficientes, ya que se logrará un mejor desarrollo en los nodos logísticos de transporte, menores precios por el uso de la infraestructura portuaria y mayor fluidez comercial (Ojeda, 2011).

Esta conectividad marítima genera ingresos dentro de los recintos portuarios por el uso de la infraestructura, así como también por otros servicios como almacenaje, etiquetado y maniobras portuarias entre otros. Por esa razón, los puertos buscan maximizar sus ingresos y a la vez obtener la mayor producción posible (manejar mayor volumen de mercancía) con los insumos que tienen. Esta situación origina la búsqueda de la eficiencia técnica y de costos (Navarro & Delfín, 2018).

Es de suma importancia resaltar, que la logística portuaria mexicana, a pesar de los avances tecnológicos en las últimas décadas aún se encuentra en despliegue y desarrollo, y es bien sabido que México depende de este comercio para fortalecer el panorama económico de años venideros.

En 2017 el *World Economic Forum*, identificó ocho tendencias que probablemente impulsen el futuro de logística:

- 1) Fortalecimiento de habilidades logísticas.
- 2) Reestructuración de las cadenas de valor mundiales.
- 3) Resiliencia y recuperación de suministro.
- 4) Transformación digital de las cadenas de suministro.
- 5) Sostenibilidad de las cadenas de suministro.
- 6) *E-commerce* para impulsar las cadenas de demanda.
- 7) Propiedad e infraestructura logística.
- 8) Modelos de negocio colaborativos.

El objetivo de este estudio es mejorar metodológicamente la eficiencia de los puertos de contenedores en la región de Asia-Pacífico, utilizando el modelo DEA y análisis complementarios como el benchmarking y los slacks, con el fin de identificar las influencias clave y validar las relaciones entre estas influencias, que son componentes cruciales que tienen un impacto significativo en la competitividad y el desarrollo económico de México y su comercio marítimo.

En el primer capítulo se revisarán las bases para este estudio, donde se abordará la problemática, los objetivos generales y particulares, lo cual nos permitirá formular la pregunta de investigación que nos dará pie a desarrollar la hipótesis general y las hipótesis específicas para este estudio, del mismo modo, se detallará la justificación que demostrará la viabilidad del estudio y las variables que contemplará este documento.

En el capítulo dos, se establecerá el panorama y contexto actual que reforzará el estudio de la eficiencia portuaria en la región Asia- Pacífico, en donde se revisará, su delimitación geográfica, su dinámica comercial en sentido global, los mecanismos de cooperación más importantes que contiene esta zona y finalmente se revisará de manera particular cada país que conforma esta región: sus características geográficas, sus principales puertos e infraestructura , en donde se describirán brevemente sus principales terminales y en el caso de México, se abordarán los tres puertos principales del Pacífico: Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Ensenada.

Respecto al capítulo tres, denominado marco teórico- metodológico, en el cual, se profundizará en la teoría que nos da bases para la presente investigación, el cual comienza a partir de los principales conceptos, literatura y autores que aborden los conceptos básicos respecto a la relación de la eficiencia con la productividad y competitividad, así como de la eficiencia portuaria. En seguida se revisarán conceptos básicos de eficiencia como lo son eficiencia económica, eficiencia técnica y eficiencia asignativa que dan pie al modelo DEA que trata este estudio, además de complementar con información de otros modelos paramétricos y no paramétricos para evaluar sus similitudes y diferencias para recabar información relevante que nos ayude a comprender la elección del modelo y sus bases teóricas para su desarrollo.

La parte matemática del modelo se aborda en el cuarto capítulo, que comienza con una descripción técnica del modelo DEA y analiza sus límites de eficiencia en el

modelo CRS con rendimientos constantes a escala o el modelo VRS con rendimientos variables a escala, que se empleará en este estudio. También se profundizará de manera textual y gráfica, la orientación del modelo ya sea de *input* (entrada) u *output* (salida), finalizando con los análisis complementarios utilizados en el documento: Análisis de *Benchmarking* y Análisis de *Slacks*.

En el quinto capítulo se examina la medición de eficiencia en el ámbito portuario, se desglosan los pasos para seguir la metodología DEA, se realiza una amplia revisión de literatura que nos permite hacer una selección de baribales adecuada al modelo y se definen las DMU's de la investigación dejando como 41, los puertos que se estudiaron, de la misma manera, para diseñar el enfoque, se eligen como entradas las siguientes variables: longitud del muelle, grúas de pórtico y personal; como salidas TEUs y toneladas movilizadas anualmente.

Los resultados de la metodología DEA se presentan en el sexto capítulo del estudio en tablas con los resultados del análisis de referencia y del análisis de holguras, junto con su interpretación y discusión. Los resultados se desglosan año a año y se presentan en primer lugar de forma global, promediando los diez años del estudio.

La sección de conclusiones y recomendaciones, que podrían utilizarse para aumentar los niveles de eficiencia de los puertos investigados y contribuir así a futuras líneas de investigación en el sector portuario, pone fin a esta investigación.

## **CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

El fundamento para la creación del proyecto se discute en el primer capítulo; antes de examinar la viabilidad del proyecto; se presentan tanto los objetivos generales como los particulares, junto con las hipótesis resultantes dadas las variables para medir la eficiencia de los puertos de contenedores y la dinámica comercial actual de los puertos elegidos para este estudio, teniendo en cuenta sus características geográficas, su tamaño y su ritmo comercial, dichas hipótesis se resolverán a través del diseño de investigación propuesto en la conclusión de este documento, generando conocimiento científico, todos estos fundamentos se pueden ver en el anexo 1 con la matriz metodológica.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Resulta de vital importancia, medir la eficiencia portuaria de una nación, con el fin de implementar mejoras a las posibilidades de desarrollo y crecimiento económico del país. Hoy en día, los puertos comerciales compiten por ser altamente competitivos para ser elegidos como medio de transacciones internacionales, dando como resultado un gran impacto al desarrollo económico de un país. La Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (CGPMM) señala que los puertos mexicanos se han distinguido en los últimos años por su alta presencia en los volúmenes de mercancías manejadas, por la diversificación de sus operaciones y como áreas de oportunidad para nuevas inversiones y creación de empleos en terminales, instalaciones y negocios portuarios (CGPMM, 2010).

El COVID-19 (coronavirus), que ya ha afectado a más de 180 naciones en todo el mundo, ha hecho que el Consejo Marítimo Internacional y del Báltico (BIMCO), el mayor organismo marítimo internacional del mundo, modifique a la baja sus previsiones sobre el transporte marítimo para 2020. La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) destacó que, además de las crisis sanitarias mundiales, las tensiones de los países miembros de la OPEP han hecho que Arabia

Saudí aumente su producción de crudo, lo que ha reducido el precio del petróleo y la gasolina. Pero debido al aumento de la demanda de transporte y de buques flotantes de almacenamiento de crudo, los costes de los fletes de los petroleros al contado han alcanzado récords que no se habían visto en la década de 1980 (BIMCO, 2020).

Los servicios logísticos eficaces pueden mejorar inmediatamente la competitividad global y facilitar la integración de las empresas en la economía mundial. Sin embargo, en muchos países en vías de desarrollo, la falta de una industria logística madura podría frenar las exportaciones, mientras que la escasa cantidad de comercio internacional dificulta el establecimiento de un sector de servicios logísticos competitivo. Conocer las métricas logísticas clave que permiten evaluar y comparar si un país es competitivo en el transporte de mercancías es crucial (Zamora & Sierens, 2014).

El sistema portuario mexicano aún no se ha desarrollado ni aprovechado de acuerdo al gran potencial que se tiene como ocurre con otras naciones asiáticas como China, Singapur o Corea del Sur. Por lo que es necesario realizar estudios sobre la eficiencia en los puertos que permitan ubicar las oportunidades de mejora para elaborar un diagnóstico del estado actual del sistema portuario y a su vez se determinen los elementos que vuelven ineficientes a los puertos, y con los resultados obtenidos se puedan diseñar políticas portuarias que fomenten el crecimiento de este sector y que posicione a los puertos en nodos logísticos internacionales (Delfín & Navarro, 2014).

El análisis económico de los puertos es esencial en este sentido, dado su papel como centro intermodal y plataforma logística en la cadena de transporte. Por lo tanto, es fundamental reconocer y evaluar las ineficiencias en la prestación de servicios portuarios (Delfn & Navarro, 2016).

Los especialistas del *World Bank* encontraron resultados en el reporte de 2018 para el desempeño logístico global que son de gran importancia para el desarrollo de este estudio:

- Las brechas en el desempeño logístico entre las economías más fuertes y las de desempeño pobre, aún persisten.
- La fiabilidad de la cadena de suministro y la calidad del servicio son muy importantes debido a su vínculo directo con el desempeño logístico.
- La mayoría de los países en desarrollo siguen dependiendo en gran medida de las infraestructuras y de las actividades de facilitación del comercio para garantizar la conectividad básica y el acceso a las puertas de enlace.

La agenda política de la logística se está desarrollando, con énfasis en la flexibilidad de la cadena de suministro, la ciberseguridad, el desarrollo sostenible y la capacitación deficiente (The World Bank, 2018).

En el ranking del *Logistics Performance Index* (LPI<sup>2</sup>), en su apartado de valor agregado de 2012-2018, ubica a las 10 economías con mejor calificación, México está clasificado en el puesto 53 de 167 naciones consideradas.

**Tabla 1. LPI Global Ranking 2018. Indicador agregado para el periodo 2012-2018**

Economía	Rank	Puntuación LPI 2012- 2018	% más alto de desempeño
Alemania	1	4.19	100
Países Bajos	2	4.07	97.2
Suecia	3	4.07	97.2
Bélgica	4	4.05	96.9
Singapur	5	4.05	96.6
Reino Unido	6	4.01	95.7
Japón	7	3.99	95.3
Austria	8	3.99	95.2
Hong Kong	9	3.96	94.6
Estados Unidos	10	3.92	94.6
México	53	3.08	73.6

Fuente: *The World Bank*, 2018.

México y sus puertos están inmersos en una fuerte rivalidad internacional. Dado que la industria portuaria se ha convertido en uno de los sectores económicos del país con mayor necesidad de crecimiento en la década actual, el desarrollo de cada

<sup>2</sup> Indicador de Desempeño Logístico.

terminal portuaria, desde la infraestructura y la mejora de los servicios hasta su diversificación, se ha visto restringido y necesita ser potenciado (Díaz-Bautista, 2008).

Con esta investigación se pretende hacer un diagnóstico para determinar el nivel de eficiencia de los puertos que conforman el área Asia- Pacífico en el periodo 2010-2019 y de este modo identificar su nivel de respuesta para abastecer la demanda global respecto a puertos representativos que se encuentran anexos a dicha región, además de estudiar como los puertos mexicanos cuentan con áreas de oportunidad, mediante estrategias de *benchmarking*, las cuales se pretende estudiar para realizar las conclusiones respecto a su desempeño, dando como resultado la validación de las áreas de mejora para hacer de estas terminales, nodos altamente competitivos y de gran interés a nivel internacional.

Ante este panorama, surge la pregunta, que da origen a este estudio.

## **1.2 Pregunta de investigación**

¿Cuál ha sido el nivel de eficiencia en los puertos de la zona Asia-Pacífico entre 2010 y 2019 y qué variables han contribuido a este comportamiento?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Definir el nivel de eficiencia en los puertos pertenecientes a la región Asia-Pacífico en el periodo 2010- 2019 y conocer los factores que lo determinan.

## **1.4 Justificación**

La Organización Marítima Internacional (OMI) estima que el transporte marítimo internacional transporta la carga entre naciones y comunidades a escala mundial en un porcentaje cercano al 80%. La mayoría de las mercancías pueden transportarse

internacionalmente de forma más eficaz y económica mediante el transporte marítimo, que además promueve el comercio y el desarrollo de las naciones y los pueblos al ofrecer una forma segura y asequible de hacerlo (OMI, 2015).

El propósito de optimizar las actividades realizadas en una terminal portuaria, generalmente se traduce en la mejora de un país respecto a su mercado internacional, que a su vez impacta directamente en la rentabilidad de la terminal, lo cual conduce directamente a elevar el ingreso general, aumentar los niveles de producción, y el empleo de un país (Rúa, 2006).

Es por ello que, es crucial medir la eficiencia de los puertos de Asia-Pacífico con el fin de establecer el nivel de competitividad en un crisol internacional. La actividad portuaria desempeña un papel crucial en la capacidad de un país para comerciar internacionalmente y contribuye a su independencia económica. Los puertos no sólo desempeñan un papel crítico en el comercio mundial, sino que también sirven como agentes de crecimiento para las comunidades en las que se encuentran, fomentan determinados tipos de tráfico, aportan ingresos al público y crean puestos de trabajo.

Las empresas internacionales intentan aplicar normas equilibradas con las necesidades mundiales, pero el nivel de servicios que se puede alcanzar depende de las operaciones locales y de las condiciones particulares de cada país; por ello, la facilitación del comercio y el transporte es crucial para que los países compitan en los mercados mundiales. Los servicios logísticos internacionales dependen de factores internos como la infraestructura, los procedimientos comerciales y los servicios complementarios al comercio (Zamora y Sierens, 2014).

El número de TEUs que mueve un puerto determina su tamaño; los puertos medianos, también conocidos como puertos secundarios, mueven entre 40.000 y 200.000 TEUs, los puertos grandes, también conocidos como puertos regionales, mueven al menos 200.000 TEUs, y los puertos que mueven más de un millón de TEUs se conocen como centros de carga (González, 2008).

La región de Asia-Pacífico es el objeto de este estudio, y las terminales marítimas que componen sus puertos son el punto a observar. Esto se debe a que la región de Asia-Pacífico contempla una importante dinámica comercial y diversos mecanismos de cooperación, lo que la convierte en una región próspera y en un mercado a tener en cuenta. En cuanto a los puertos de esta región, la información disponible para la elaboración de esta investigación indica que el periodo de tiempo cubierto será de 2010 a 2019. Es importante señalar que, en el caso de México, los puertos utilizados para este estudio serán Manzanillo, Lázaro Cárdenas y el puerto de Ensenada.

El objetivo de este estudio es investigar y comparar los factores que influyen en la eficiencia del funcionamiento de las terminales de contenedores de estos puertos, mismos que cuentan con infraestructura suficiente para generar movimientos de diversas cargas tienen, además, una ubicación que le da conectividad con otras terminales portuarias y son los tres principales de la región Pacífico- mexicana, la cual forma parte de la región de estudio, en el cual se realizará un comparativo para determinar qué factores son sustanciales para definir la eficiencia de estos puertos.

De este modo, se busca obtener datos actuales que permitan aportar conocimiento científico de valor teórico y contribuir al desarrollo económico de México. Estos aportes metodológicos serán de utilidad para el análisis de la eficiencia logística marítima, con el fin de brindar información y evaluaciones técnicas cuantificables para el establecimiento de tendencias, la mejora continua, la toma de decisiones efectiva y como principal sustento para elaborar estrategias que permitan potencializar el crecimiento del sistema portuario mexicano.

Respecto a la viabilidad de la presente investigación, y de acuerdo con los factores y variables consideradas, se cuenta con vastas fuentes de información para la medición del desempeño portuario; ya que existen diversos estudios acerca de la eficiencia portuaria no sólo mexicana sino de varios países que pueden ayudar a enriquecer al desarrollo de este documento. Además, se cuenta con recursos materiales y disponibilidad de tiempo para lograr la culminación de esta tesis.

Es importante señalar que este estudio es exploratorio, ya que amplía el ámbito geográfico del tema hacia otros países; como lo es Asia- Pacífico en donde se encuentran naciones que aún no han sido estudiadas a profundidad en temas de eficiencia, del mismo modo es descriptiva, ya que se pretende explicar que variables y factores inciden en la eficiencia portuaria de las terminales respecto a la región antes mencionada y se elaborará una recopilación de datos que nos permitirá analizar a fondo el desempeño del movimiento marítimo. Para finalizar, este estudio será también correlacional, debido a que se validará si es que existe una relación causal entre nuestra variable dependiente respecto a las independientes.

## **1.5 Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1 Hipótesis general**

La longitud del muelle, el número de grúas de pórtico, el número de empleados y el movimiento de TEUs y toneladas registrado anualmente definen la eficiencia de los puertos que forman parte del área Asia-Pacífico entre 2010 y 2019.

## **1.6 Variables**

### **1.6.1 Variables independientes (X)**

#### ***Inputs:***

- a. Longitud de muelle
- b. Grúas pórtico
- c. Número de trabajadores

#### ***Outputs:***

- a. Contenedores (TEU's) movilizados anualmente
- b. Toneladas movilizadas anualmente

### 1.6.2 Variable dependiente (Y)

- a. Eficiencia de los puertos pertenecientes a la región Asia- Pacífico.

## **CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL Y REFERENCIAL DE LA REGIÓN ASIA- PACÍFICO**

### **2.1 Introducción**

A lo largo de este capítulo se busca establecer el contexto actual de la zona comercial de Asia-Pacífico, que naciones lo componen, los puertos principales para las naciones que comprenden dicha región, el dinamismo comercial con el que se cuenta actualmente, y de igual manera revisar los mecanismos de cooperación que existen en este territorio, así como proveer un breve panorama de los principales puertos por país que se estudiarán en esta investigación y dar un contexto de la situación actual de estas terminales, proporcionando indicadores y enumerando a grandes rasgos la infraestructura, inversiones, y formación de capital humano de cada uno de ellos.

### **2.2 Delimitación geográfica de la región Asia-Pacífico**

La pandemia ha empeorado en Asia desde el impacto de COVID desde 2019 y la perspectiva de crecimiento se ha degradado más que en cualquier otra región en comparación con el panorama futuro.

La brecha entre las economías desarrolladas y las de mercados emergentes y en desarrollo (EMDE) en Asia se está ampliando, lo que refleja su cobertura de vacunación y sus políticas de apoyo, y se espera que aumente los niveles de producción a medio plazo, a pesar de que Asia-Pacífico sigue teniendo la tasa de crecimiento más rápida de todo el mundo. Sin embargo, dentro de la región, las disparidades entre las economías avanzadas, las de mercados emergentes y las que están en vías de desarrollo se están ampliando; los exportadores de alta tecnología se están beneficiando de una fuerte demanda externa y de unas condiciones financieras favorables, mientras que entre las economías rezagadas

con un espacio fiscal limitado se encuentran Tailandia y las naciones insulares del Pacífico (FMI, 2021).

La zona de Asia-Pacífico, por su parte, alberga importantes ciudades políticas y económicas, así como grandes organizaciones con gran población. Hong Kong, Bangkok, Macao, Tokio, Seúl, Shanghái y Singapur son algunos ejemplos. Además, en estos municipios se encuentran oficinas, instituciones u organizaciones de gran importancia para Asia. En ellos se celebran importantes eventos políticos, económicos, culturales, deportivos y turísticos (CEMERI, 2022).

Esta zona, que abarca desde el subcontinente indio hasta la península de Corea, contiene cuatro subregiones, según el Seminario de Política Exterior y Agenda Global publicado en 2013 por la Secretaría de Relaciones Exteriores de México:

1. Noreste de Asia (China, Corea del Norte, Corea del Sur, Japón y Mongolia)
2. Sureste Asiático (Brunéi, Camboya, Filipinas, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Singapur, Tailandia, Timor Leste y Vietnam)
3. Pacífico Sur (Australia, Islas Fiji, Islas Marshall, Islas Salomón, Kiribati, Micronesia, Nauru, Nueva Zelanda, Palau, Papúa Nueva Guinea, Samoa, Tonga, Tuvalu y Vanuatu)
4. Asia Meridional (Bangladesh, Bután, India, Islas Maldivas, Nepal y Sri Lanka).

Sin embargo, esta región geográfica resulta bastante amplia ya que en este bloque se contemplan una gran diversidad de países no sólo asiáticos sino algunas naciones del continente americano. Los territorios comprendidos en el área Asia-Pacífico de acuerdo a CEMERI, 2022 se encuentran:

- |               |            |             |
|---------------|------------|-------------|
| 1. Australia  | 4. Bután   | 7. Chile    |
| 2. Bangladesh | 5. Camboya | 8. China    |
| 3. Brunéi     | 6. Canadá  | 9. Colombia |

- |                    |                        |                            |
|--------------------|------------------------|----------------------------|
| 10. Corea del Sur  | 23. Malasia            | 35. Samoa                  |
| 11. Estados Unidos | 24. México             | 36. Singapur               |
| 12. Filipinas      | 25. Micronesia         | 37. Sri Lanka              |
| 13. Hong Kong      | 26. Mongolia           | 38. Tailandia              |
| 14. India          | 27. Myanmar            | 39. Taiwán                 |
| 15. Indonesia      | 28. Nauru              | 40. Timor Leste            |
| 16. Islas Fiji     | 29. Nepal              | 41. Tonga                  |
| 17. Islas Maldivas | 30. Nueva Zelanda      | 42. Tuvalu                 |
| 18. Islas Marshall | 31. Palau              | 43. Vanuatu                |
| 19. Islas Salomón  | 32. Papúa Nueva Guinea | 44. Vietnam (CEMERI, 2022) |
| 20. Japón          | 33. Perú               |                            |
| 21. Kiribati       | 34. Rusia              |                            |
| 22. Laos           |                        |                            |

En el siguiente mapa se pueden visualizar los territorios que comprende la Cuenca del Pacífico:

**Figura 1. Mapa de los países que conforman la región Asia- Pacífico**



Fuente: OECD, 2020.

### 2.3 Dinamismo Comercial de la región Asia-Pacífico

No se puede negar la importancia de Asia-Pacífico en la escena mundial actual. Más de la mitad de la población mundial reside allí, y sólo China e India representan más de 2.600 millones de personas. En cambio, representa alrededor de un tercio del PIB mundial y más de una cuarta parte del comercio mundial. Desde 2010, su producción regional también ha superado a la de la Unión Europea. China y Japón, la segunda y tercera economías del mundo, se encuentran en Asia-Pacífico (De Mara y Ramos, 2016).

Es importante abordar la falta de infraestructuras de la zona y encontrar soluciones a los problemas de transporte, comunicaciones y energía para lograr una integración satisfactoria entre América Latina y la región de Asia-Pacífico. En los últimos años, la región ha invertido menos del 2% del PIB en infraestructura. Sin embargo, la CEPAL señala que para que la región pueda cerrar la brecha de infraestructura se requiere una inversión de al menos 6% anual. Además de las inversiones necesarias en infraestructura física, la región debe impulsar nuevas inversiones en tecnología digital que le permitan adaptarse a la revolución digital en curso (CEPAL, 2020).

La zona de Asia-Pacífico sigue enfrentándose a diversas dificultades, como las pandemias y las tensiones políticas entre las economías, a pesar de las previsiones de que se expandirá un 3,3% en 2019 y seguirá haciéndolo en los próximos años. (PECC, 2019).

El panorama actual de la región de esta zona comprende y estima las siguientes cifras:

- Dos tercios de la población mundial, es decir, 4.100 millones de personas, viven en la zona de Asia-Pacífico (UNCTAD, 2020).
- En 2018 representó el 58.03% del PIB Mundial. (WITS, 2018).

- Representa el 30% del comercio global (CEMERI, 2022)
- Es la zona más activa en términos de producción, comercio, financiación y tecnología, con más de la mitad de las reservas mundiales y una producción regional que ha eclipsado la de la Unión Europea desde 2010 (SRE, 2013).

Estos son algunos de los datos sobre la situación del comercio y la inversión entre México y la región de Asia-Pacífico:

- Cinco de nuestros 10 principales socios comerciales en 2018 fueron naciones asiáticas (China, Corea, Japón, India y Malasia) (Martínez, 2019)
- Después de T-MEC (antes NAFTA), Asia- Pacífico es nuestro segundo socio comercial (ANIERM, 2021).

Se prevé que el impacto del COVID-19 hará que el crecimiento de la región se reduzca al 0,9% en 2020, el ritmo más bajo desde 1967. Se prevé que China crezca un 2,0% en 2020 debido a las bajas tasas de infección desde marzo y al aumento de la inversión gubernamental, mientras que se prevé que el resto de Asia-Pacífico disminuya un 3,5% (Banco Mundial, 2020).

## **2.4 Mecanismos de Cooperación en Asia- Pacífico**

### **2.4.1 APEC**

Para beneficiarse de la creciente interconexión económica de la zona, el Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico se fundó en 1989 para fomentar un crecimiento económico inclusivo, igualitario, sostenible y creativo, la APEC pretende aumentar la prosperidad de los ciudadanos de la región.

El impacto económico de la APEC es enorme: los 21 miembros representan el 44% del comercio mundial y el 54% del PIB mundial. China, Corea del Sur, Brunei, Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur, Tailandia, Vietnam, Australia, Nueva

Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Estados Unidos, Canadá, México, Chile, Perú, Japón, Hong Kong, Rusia y Taiwán son los de los países miembros.

El Consejo Económico de Asia-Pacífico (APEC) reúne a 21 economías que, en conjunto, representan más de 3.000 millones de personas, casi el 60% del PIB mundial y el 50% del comercio global, ya que la cuenca del Pacífico es la zona con mayor dinamismo económico del mundo. Más del 87% del comercio global de México y 7 de sus principales socios comerciales son con naciones de la APEC. Con veintiún naciones que hacen cerca del 60% del PIB mundial, la Cuenca del Pacífico es la zona más activa económicamente del globo (Millán, 2019).

En el reporte *Exploration on Strengthening of Maritime Connectivity* publicado por APEC en 2016, se mencionan los problemas y desafíos identificados en el transporte marítimo, que se pueden observar en la siguiente figura:

**Figura 2. Problemas y desafíos identificados por APEC en el transporte marítimo**



Fuente: APEC, 2020.

Respecto a los problemas y desafíos que enfrentan las economías de APEC en el proceso de desarrollo de la conectividad marítima, las posibles direcciones para

abordar estos problemas y desafíos se identifican como se describe a continuación, que pretenden ser las recomendaciones para las economías de APEC:

## 1. Congestión del puerto

Dividido en cuatro vertientes, el problema de la congestión portuaria se identifica de la siguiente manera:

### i. Logística terrestre:

- Mejoramiento de la coordinación interinstitucional, incluida la creación de un comité interinstitucional compuesto por agencias gubernamentales relevantes.
- Utilizar una infraestructura portuaria muy eficaz para aumentar el rendimiento y la eficacia de las operaciones portuarias.
- Desarrollo de instalaciones intermodales, especialmente introducción de sistema ferroviario para mejorar la capacidad logística terrestre

### ii. Escala de puerto:

- Desarrollo de la conectividad del puerto de puerta de enlace APEC con el objetivo de conectar puertos marítimos regionales, así como los puertos marítimos y sus áreas interiores.

### iii. Problema de costos para la infraestructura portuaria:

- Promover la inversión en infraestructura a través de asociaciones público-privadas.

### iv. Problema de gestión de habilidades blandas para la infraestructura portuaria:

- Facilitar el diálogo y la cooperación sobre políticas intergubernamentales.
2. Intercambio de información de envíos marítimos
    - Continuar el esfuerzo para establecer el Sistema de Ventanilla Única en las respectivas economías miembros de APEC y promover la interoperabilidad internacional y el comercio a través de este medio.
  3. Regulación y liberalización comercial
    - Continuación de los esfuerzos para simplificar, unificar y relajar las regulaciones arancelarias/aduaneras para la clasificación de productos.
    - Armonización de normas relativas a la seguridad de la carga y los requisitos de seguridad.
  4. Facilitación de viajes
    - Promoción de escalas en puertos de cruceros para revitalizar las economías regionales y el intercambio humano.
    - Promoción de la provisión de información basada en la web sobre las instalaciones portuarias de cruceros y ventanilla única para la industria de cruceros.
  5. Relación y normas con la OMI

Se considera que la forma posible de abordar los problemas que surgen en relación con la regla de la OMI es la integración de las normas en las economías de APEC. Para ello, las conversaciones entre APEC y la OMI son de vital importancia para llegar a una conclusión o acuerdo (APEC, 2020).

No es fácil integrar a los países latinoamericanos en el proceso de globalización económica. Existen peligros y dificultades, ya que todavía están menos desarrollados que las naciones y zonas que conforman la zona. Sin embargo, si no se adoptan medidas para adaptarse al nuevo entorno mundial, América Latina correría constantemente el riesgo de quedarse atrás en los cambios provocados por la modernización mundial. Como segundo socio económico y comercial de México, la Cuenca del Pacífico tiene una variedad de perspectivas comerciales y económicas que deben ser aprovechadas. Para ello, México debe integrarse eficazmente en el desempeño comercial de la región del Pacífico (Millán, 1993).

En la siguiente tabla se puede observar el comportamiento en de Importaciones, Exportaciones y del PIB en 2017, de los países que componen este bloque comercial.

**Tabla 2. Comportamiento económico y comercial en 2017 de los países adheridos a APEC**

País	Población en 2017	PIB 2017 (MDD)	PIB PER CÁPITA (DLLS)	Importaciones	Exportaciones
Australia	24,598.9	1,323,421.1	53,799.9	295,192.1	295,113.8
Brunéi	428.7	12,128.1	28,290.6	4,451.1	6,079.8
Canadá	36,708.1	1,653,042.8	45,032.1	547,424.3	506,767.0
Chile	18,054.7	277,075.9	15,346.4	78,124.8	79,439.3
China	1,386,395.0	12,237,700.5	8,827.0	2,307,923.0	2,489,759.4
Hong Kong	7,391.7	341,449.3	46,193.6	666,977.1	653,872.9
Indonesia	263,991.4	1,015,539.0	3,846.9	189,373.3	192,503.6
Japón	126,785.8	4,872,136.9	38,428.1	860,781.3	878,136.8
Corea	51,466.2	1,530,750.9	29,742.8	598,794.0	660,162.9
Malasia	31,624.3	314,500.3	9,944.9	236,847.4	254,500.8
México	129,163.3	1,149,918.8	8,902.8	468,817.1	436,321.3
Nueva Zelanda	4,793.9	205,852.8	42,940.6	52,918.8	54,059.6
Papúa Nueva Guinea	8,251.2	21,088.8	2,555.9	4,890.3	8,394.2
Perú	32,165.5	211,389.3	6,571.9	48,532.4	52,483.7
Filipinas	104,918.1	313,595.2	2,989.0	127,716.4	104,300.1
Rusia	144,495.0	1,577,524.1	10,743.1	325,348.4	410,493.9
Singapur	5,612.3	323,907.2	57,714.3	498,271.1	537,640.8
China Taipéi	23,555.5	572,767.0	24,318.0	312,037.0	361,970.0

Tailandia	69,037.5	455,220.9	6,593.8	267,078.5	311,988.6
Estados Unidos	325,719.2	19,390,604.0	59,531.7	2,924,298.0	2,307,993.9
Vietnam	95,540.8	223,864.0	2,343.1	228,310.9	227,309.2

Fuente: Forbes, 2019.

Los esfuerzos realizados para mejorar la regulación en varios sectores, en opinión del gobierno mexicano, han supuesto una mejora. Hasta ahora se ha logrado uno de los principales objetivos de la Cooperación Económica Asia-Pacífico: promover las ventajas de la liberalización del comercio, ofrecer cooperación económica para abordar los problemas derivados de la globalización y actuar como foro de debate con los sectores privado y civil. APEC ha sido y sigue siendo un vehículo importante para facilitar la adopción de políticas de liberalización, promover la inclusión y la preocupación por los efectos secundarios de la globalización (Traslosheros, 2021).

#### 2.4.2 ASEAN

Los miembros fundadores de la ASEAN, Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur y Tailandia, firmaron la Declaración de la ASEAN (también conocida como Declaración de Bangkok) el 8 de agosto de 1967, por la que se establecía la organización. La cooperación en los ámbitos económico, social, cultural, tecnológico y educativo, entre otros, así como el fomento de la paz y la estabilidad regionales mediante la adhesión permanente a los principios de la ONU de justicia, Estado de derecho y apertura a todos los Estados que comparten estos principios, han sido algunos de sus objetivos desde su fundación.

Brunéi, Camboya, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam son algunos de sus miembros. (ASEAN, 2018).

En términos de dotación de factores, desarrollo del capital humano, capacidades técnicas y productividad, la ASEAN es una zona heterogénea. Los distintos patrones de exportación entre las naciones miembros muestran su variedad. Hay importantes

productores de productos agrícolas (Indonesia, Myanmar y Vietnam), productos manufacturados (Camboya, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam), minerales y petróleo (Brunei Darussalam, Indonesia, Malasia y Myanmar) y servicios empresariales (Indonesia, Malasia, Myanmar y Vietnam) (Filipinas y Singapur) (ASEAN, 2018) en (Navarro y Delfín, 2020).

Los países del Sudeste Asiático están unidos en una asociación para el desarrollo dinámico y en una comunidad de sociedades solidarias. La Visión 2020 de la ASEAN, adoptada por los líderes de la ASEAN en su 30º aniversario, es una visión compartida de cómo estos países vivirán en paz, estabilidad y prosperidad, unidos en asociación en un desarrollo dinámico (ASEAN, 2018).

#### **2.4.3 ALIANZA DEL PACÍFICO**

Desde su establecimiento en 2011, un proyecto de cooperación económica y de desarrollo entre Chile, Colombia, México y Perú dio origen a la Alianza del Pacífico que tuvo como objetivo tener instrumento de cooperación política, económica y de integración es descubrir una forma de apoyar el crecimiento económico y la competitividad de las cuatro economías miembros.

Establecer lazos de cooperación económica y comercial con otros bloques, en particular con la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN), y obtener el estatus de observador en el Foro de Cooperación Asia-Pacífico (APEC), donde la Alianza del Pacífico debe consolidarse como medio para lograr el Área de Libre Comercio con Asia-Pacífico, serán algunos de sus objetivos en su visión a 2030. (Alianza del Pacífico, 2020).

#### **2.4.4 TIPAT**

Con la introducción de las condiciones del TIPAT, se ampliaría el comercio y la inversión entre los socios de Asia-Pacífico, la zona con las tasas de crecimiento más rápidas del mundo. El Tratado Integral y Progresista de Asociación Transpacífico (TIPAT) entra en vigor para México en marzo de 2018. Siete de las economías que

conforman el TIPAT son sin duda gigantes del comercio mundial y se encuentran entre las 20 primeras: Japón ocupa el cuarto lugar, seguido de Canadá en séptimo lugar, México en octavo, Singapur en décimo, Australia en el lugar 16, Vietnam en el diecisiete y Malasia en el lugar dieciocho.

A continuación, se presentan algunas ventajas potenciales para México de la adhesión al tratado:

- Para las exportaciones mexicanas, que en conjunto constituyen un mercado con un valor de 2.4 billones de dólares y una población de más de 161 millones, es importante el acceso a condiciones favorables a nuevos mercados.
- El acceso a fuentes de suministro alternativas permite a México diversificar el país de origen de sus importaciones en los sectores manufacturero y agrícola.
- Regulaciones actualizadas para el comercio con naciones como Canadá, Chile, Japón y Perú con las que México.
- El potencial de acumulación de origen entre sus participantes crea nuevas perspectivas de abastecimiento para que México fortalezca su plataforma de exportación (SE, 2018).

La participación de México en el TIPAT parece estar justificada por una serie de razones fundamentales. Las más importantes son

1. Pertenecer a un grupo que representaría un tercio de las exportaciones mundiales y el 40% del PIB mundial.
2. Aprovechar un mercado potencial de unos 800 millones de personas.
3. Mantener el dinamismo económico con India y China, importantes polos económicos internacionales en Asia, vinculando indirectamente nuestro progreso económico con socios vitales.

4. Asegurar el acceso preferencial a los productos mexicanos como método para contrarrestar el proteccionismo global (Granados, 2014).

La Secretaría de Economía ha identificado las siguientes áreas en las que el acuerdo será beneficioso para México:

- a. Sería posible crear una zona con acceso privilegiado a 11 de las mayores economías del mundo.
- b. Diversificación del mercado
- c. Hacer que México sea más atractivo como ubicación para la IED<sup>3</sup>.

La expansión de la economía local se ve afectada positivamente por la presencia de infraestructuras portuarias. El impacto de la infraestructura portuaria está influenciado por su uso y explotación, que están influenciados por la demanda de servicios de transporte, además de su disponibilidad. En consecuencia, las iniciativas y políticas públicas que apoyan la explotación, el uso económico y el beneficio social de la infraestructura deben estar conectadas con la oferta de infraestructura portuaria (Zepeda-Ortega et al., 2017).

Los principales puertos del TIPAT son: Australia (Brisbane), Brunéi Darussalam (Muara), Canadá (Vancouver), Chile (Valparaíso), Japón (Tokyo Ports), Malasia (Kelang), Nueva Zelanda (Tauranga), Perú (Callao), Singapur (Singapur) y Vietnam (Saigón).

El puerto y el país al que pertenece se muestran en la siguiente tabla junto con los datos pertinentes para el estudio de los puertos marítimos y su dinámica comercial.

---

<sup>3</sup> Inversión Extranjera Directa.

**Tabla 3. Puertos principales de TIPAT y su comercio 2018**

<b>País</b>	<b>Puerto representativo</b>	<b>Principales mercancías de Exportación</b>	<b>Principales mercancías de Importación</b>
Australia	Brisbane	Briquetas de Carbón, mineral de Hierro, gas de petróleo, Oro y Óxido de Aluminio.	Petróleo refinado, automóviles, petróleo crudo, camiones de entrega y equipos de transmisión.
Brunéi Darussalam	Muara	Gas de petróleo, petróleo crudo, alcoholes acíclicos, piezas de aeronaves y motores de encendido por chispa.	Aviones, helicópteros y/o naves espaciales, petróleo refinado, estructuras de hierro, automóviles y otras máquinas de calefacción.
Canadá	Vancouver	Petróleo crudo, automóviles, oro, petróleo refinado y piezas de vehículos.	Automóviles, petróleo refinado, camiones de entrega, petróleo crudo y computadoras.
Chile	Valparaíso	Mineral de cobre, cobre refinado, celulosa química de sulfato, filetes de pescado y cobre crudo.	Automóviles, petróleo refinado, petróleo crudo, camiones de entrega y equipos de transmisión.
Japón	Tokyo	Automóviles, piezas de vehículos, circuitos integrados, maquinaria que tiene funciones individuales y equipos de laboratorio fotográfico.	Petróleo crudo, briquetas de carbón, gas de petróleo, equipos de transmisión y circuitos integrados.
Malasia	Kelang	Circuitos integrados, petróleo refinado, gas de petróleo, petróleo crudo y aceite de palma.	Circuitos integrados, petróleo refinado, petróleo crudo, piezas de máquinas de oficina y equipos de transmisión.
México	Lázaro Cárdenas	Automóviles, piezas de vehículos, computadoras, camiones de entrega y teléfonos.	Petróleo refinado, piezas de vehículos, piezas de máquinas de oficina, automóviles y computadoras.
Nueva Zelandia	Tauranga	Leche concentrada, carne de oveja y cabra, mantequilla, madera áspera y carne bovina congelada.	Automóviles, petróleo crudo, petróleo refinado, camiones de reparto y equipos de transmisión.
Perú	Callao	Mineral de cobre, oro, petróleo refinado, mineral de zinc y cobre refinado.	Petróleo refinado, petróleo crudo, automóviles, equipos de transmisión y camiones de entrega.

Singapur	Singapur	Circuitos integrados, petróleo refinado, oro, medicamentos envasados y turbinas de gas.	Petróleo refinado, circuitos integrados, petróleo crudo, oro y piezas de máquinas de oficina.
Vietnam	Saigón	Equipos de transmisión, teléfonos, circuitos integrados, calzado textil y accesorios de transmisión.	Circuitos integrados, los teléfonos, el petróleo refinado, el tejido de punto de goma ligera y las piezas eléctricas.

Fuente: Elaboración propia con datos de la OMC, 2018.

La mayor interconexión entre las economías de la zona de Asia-Pacífico ha sido posible gracias al dinamismo comercial de la región, que también facilita el comercio y la logística al facilitar los viajes aéreos y marítimos (Delfín & Navarro, 2019).

## 2.5 Movimiento Comercial Marítimo de la región Asia- Pacífico

Para este estudio se contempla una amplia gama de naciones, según los datos que otorga la UNCTAD para 2019, los países que tuvieron movimiento de TEU's en la región Asia-Pacífico son los siguientes:

**Tabla 4. Movimiento de TEU's de la región Asia- Pacífico para 2019**

#	Economía	TEU'S 2019
	Global	811,215,377.68
1	China	242,030,000.00
2	Estados Unidos	55,518,878.00
3	Singapur	37,983,000.00
4	Malasia	26,215,100.00
5	Japón	21,708,860.00
6	India	17,053,200.00
7	Indonesia	14,763,630.00
8	Filipinas	8,983,520.00
9	Australia	8,282,188.50
10	Sri Lanka	7,230,000.00
11	México	7,090,800.00
12	Canadá	7,004,090.00

13	Chile	4,658,310.00
14	Colombia	4,254,900.00
15	Nueva Zelanda	3,444,356.00
16	Bangladesh	2,659,950.00
17	Perú	2,330,362.10

Fuente: Elaboración propia mediante UNCTAD Stat 2019.

## **2.6 Países que conforman Asia- Pacífico, sus puertos representativos y características**

### **2.6.1 Australia**

Hay más de 60 puertos en Australia, pero más del 95% del volumen se maneja en 20 puertos, para el año 2035, el puerto de Melbourne ha pronosticado que manejará casi 8 millones de TEU's. Port Botany tiene una participación en el modo de transporte ferroviario del 20-25% para el transporte interior de contenedores hacia y desde las terminales marítimas, facilitado por líneas de carga especializadas y terminales intermodales en el área metropolitana, del mismo modo, Port Botany y el aeropuerto Kingsford Smith de Sídney forman esencialmente un recinto económico con tierra activos de transporte tales como carreteras que prestan servicios tanto al transporte marítimo como a la aviación (IANTC, 2010).

Recientemente Port Botany, Port Kembla, el puerto de Newcastle y el Puerto de Darwin se privatizó con un contrato de arrendamiento de 99 años, el puerto de Melbourne, el mayor puerto de contenedores de Australia, que fue arrendado con éxito a un consorcio dirigido por QIC por 50 años el 16 de septiembre de 2016, está en proceso de privatización (Chen et al., 2016).

Los puertos de Freemantle, Adelaide, Melbourne, Sídney y Brisbane brindan servicios críticos de reparación, mantenimiento, logística y otro tipo de apoyo para la Marina Real Australiana y las fuerzas aliadas, de la misma manera en que algunos comercios están conectados en red a través de varios puertos australianos,

por ejemplo, contenedores en puertos metropolitanos y agricultura en grupos de puertos regionales (IANTC, 2010).

### **2.6.2 Bangladesh**

La ubicación geográfica de Bangladesh puede considerarse muy atractiva para los comerciantes internacionales, ya que se encuentra junto a la Bahía de Bengala. La bahía comprende dos puertos naturales ubicados en Chittagong y Mongla, con la expansión de la economía de mercado, el aumento en el movimiento de diversos productos día a día, exige un sistema de transporte adecuado exclusivamente marítimo (Saha, 2015).

El puerto de Chittagong maneja el 92% de todas las importaciones y exportaciones y el 98% del comercio de contenedores de Bangladesh. El puerto se facilita con la conectividad terrestre interior por ferrocarril, carretera y vías fluviales (Ziauddin, et. al, 2019).

### **2.6.3 Brunéi Darussalam**

El Departamento de Puertos, que opera bajo los auspicios de la Ley de Puertos de 1984, posee, administra y opera todos los puertos públicos, excepto la terminal de Contenedores de Muara, y proporciona todos los servicios portuarios, excepto los de estiba y transporte, que son prestados por el sector privado. La gestión y operación de la Terminal de Contenedores de Muara, la misión del Departamento de Puertos es hacer del Puerto de Muara como puerto *hub* al brindar servicios de envíos eficientes y económicos a través de comunidad portuaria dedicada.

Los puertos públicos en Brunéi Darussalam son el puerto de Muara, Kuala Belait y Bangar (ASEAN, 2005).

#### **2.6.4 Camboya**

Los puertos de Phnom Penh y Sihanoukville son dos importantes puertos internacionales que sirven como puertos de puerta de enlace. Ambos puertos tienen estatus de autonomía en base a los Sub Decretos sobre el establecimiento del puerto autónomo de Sihanoukville y del puerto autónomo de Phnom Penh promulgado en julio de 1998 (JICA, 2007).

En términos de tonelaje, las exportaciones de Phnom Penh se dirigen principalmente a América del Norte (50%) y dentro de Asia. Por otro lado, las exportaciones de Sihanoukville están más diversificadas: Estados Unidos: (27%), China (16%), Francia e Inglaterra (16%), etc. Más del 50% de las importaciones de Sihanoukville son de Singapur, Tailandia y China; las exportaciones a Europa son relativamente grandes en comparación con el Phnom Penh. Por lo tanto, los dos puertos sirven a diferentes propósitos como resultado de sus diversas ubicaciones geográficas y mercados (Hanaoka, 2013).

#### **2.6.5 Canadá**

De 2010 a 2017, el puerto de Vancouver y el de Prince Rupert manejaron la mayor parte del tonelaje de la costa oeste. Por su parte, el puerto de Montreal, Saint John, Québec, Sept-Îles y Halifax manejaron la mayor parte de tonelaje de la costa este. (CCDT, 2018).

El tonelaje que transportan y las personas que emplean hacen que las autoridades portuarias de Canadá sean importantes productoras de riqueza que realizan transacciones con más de 170 naciones, transportan más de 340 millones de toneladas de carga, producen altos ingresos en producción económica y mantienen cientos de miles de empleos en 2020 (ACPA, 2021).

### **2.6.6 Chile**

Existen grandes diferencias en cuanto a especialización entre los diferentes puertos de Chile, los cuales están diversificados, manejando contenedores, pero también granel líquido y seco. Algunos de los puertos más pequeños son más especializados, en algunos casos solo manejan un tipo de barcos, que es el caso de varios puertos mineros privados que solo manejan graneleros. Entre los puertos más grandes de Chile, los contenedores representan claramente la mayor parte de los contenedores en San Antonio (Valparaíso) (casi el 75%). Otros puertos con una gran participación de la actividad de buques portacontenedores incluyen Iquique, Antofagasta y Arica (OECD, 2016)

### **2.6.7 China**

Siete de los diez primeros puertos del mundo están situados en China, lo que demuestra cómo el crecimiento de la producción de productos y servicios ha permitido a los chinos disponer de la red de ríos navegables más completa de todo el planeta. Además, el 70% de los puertos que más contenedores transportan en el contexto de la economía mundial se encuentran en los litorales marítimos de China (Licona, 2017).

Los 5 puertos de contenedores más activos de China en 2016 resultaron ser: Shanghái 37,133 miles de TEU's movilizados, Shenzhen (23,979 miles de TEU's), Ningbo-Zhoushan (21,560 miles de TEU's), Guangzhou (18,858 miles de TEU's) y Qingdao (18,010 miles de TEU's) (Fung BI, 2018).

### **2.6.8 Colombia**

Debido a su favorable ubicación geográfica, Colombia puede tener puertos tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico. Los puertos de Buenaventura y Tumaco están situados en el lado del Pacífico (Castro et. al, 2017).

Al suroeste de la capital colombiana, Bogotá, se encuentra el puerto de Buenaventura. Está situado cerca del Canal de Panamá, a medio camino entre los puertos de Vancouver y Valparaíso, y goza de una ubicación estratégica ya que está cerca de las principales rutas marítimas del Pacífico que cubren el globo de norte a sur y de este a oeste (Procolombia, 2015).

Después de Buenaventura, Tumaco es la segunda ciudad portuaria más importante del Pacífico colombiano, y sirve de entrada a la Alianza del Pacífico (TPP, 2020).

### **2.6.9 Estados Unidos**

El puerto de contenedores principal del noroeste del Pacífico (PNW), la *Northwest Seaport Alliance*, representa la fusión de operaciones marinas entre los puertos de Tacoma y Seattle, Washington. La colaboración entre estos dos puertos se esfuerza por aprovechar su combinación, fuerza competitiva y escala para competir con los puertos más grandes del sur (Puerto de L.A., Long Beach y Oakland, California) (Jessup et. al, 2020).

En junio de 2018, hubo 984.871 TEUs de carga entrante en los puertos de la Costa Oeste, un aumento significativo del 9,0% respecto al mismo mes de 2017. El puerto de Long Beach y el noroeste *Seaport Alliance*: puertos de Seattle y Tacoma abrieron el camino en junio, con un aumento de los TEU's con carga entrante del 14,5% y el 12,7%, respectivamente. Durante la primera mitad del año, estos puertos aumentaron 3.7% de importaciones (+191,101 TEU's), con Long Beach nuevamente a la cabeza del movimiento marítimo (PMSA, 2018).

### **2.6.10 Filipinas**

En Filipinas hay unos 1,000 puertos, 117 de ellos están designados como puertos internacionales. Los puertos que mencionaremos son el de Cebú y el de Manila. El Puerto de Manila es el principal centro económico, cultural y político del país, y el

Puerto de Cebú es su puerto de entrada secundario. (*Philippines Foreign Policy and Government*, 2006).

Aunque el puerto internacional de Cebú puede albergar 250.000 TEUs en la actualidad, realmente alberga unos 300.000 TEUs. La instalación portuaria propuesta tendrá una capacidad de diseño de 500.000 TEU (Bayos, 2015).

#### **2.6.11 Hong Kong**

Hong Kong tiene la suerte de contar con un puerto natural protegido que ofrece a los barcos de todo el mundo que hacen escala en el puerto un acceso fácil y un refugio seguro. Hong Kong, situado estratégicamente en las rutas comerciales del Lejano Oriente y en el corazón geográfico de la cuenca de Asia-Pacífico, ahora en rápido desarrollo, ha dependido históricamente en gran medida de su puerto para su crecimiento y prosperidad (HKGov, 2020).

En términos de tonelaje de envío utilizando sus instalaciones, carga manipulada y el número de pasajeros transportados, Uno de los principales puertos del globo es el de Hong Kong, uno de los puertos de contenedores más activos del mundo, manipuló 18,3 millones de TEU en 2019. Del rendimiento total de contenedores, unos 14.2 millones de TEU's fueron manejados en las terminales de contenedores de Kwai Tsing, mientras que aproximadamente 4.1 millones de TEU's se manipularon en otros muelles (Ídem, 2020).

#### **2.6.12 India**

Para hacer frente a los problemas que conlleva el aumento previsto del comercio, los puertos indios han desarrollado ambiciosos planes para la creación de nuevos puertos, la ampliación de las instalaciones actuales, la automatización de los puertos, la adquisición de sofisticados equipos de manipulación de la carga y la mejora de la logística (Mandal et al., 2016).

Los puertos en la costa este se componen por: Puerto de Calcuta/ Haldia (puerto fluvial, base de guardacostas de la India) Paradip (exporta hierro crudo a Japón) Vishakhapatnam (astillero y puerto natural más antiguo) Chennai (puerto más antiguo y artificial) Ennore (el más moderno, en manos privadas) Tuticorin (más al sur y profundo, puerto marítimo artificial) (AIVP, 2016).

### **2.6.13 Indonesia**

Indonesia, en el sudeste asiático, está situada entre los océanos Pacífico e Índico. Conecta los continentes de Asia y Australia. En la nación abundan los recursos naturales, como el petróleo y el gas, el oro, la plata, el cobre, el estaño, el carbón y el marisco. Como archipiélago, Indonesia depende de los canales de navegación para su comercio nacional e internacional. Para promover la actividad económica de importación y exportación, el gobierno indonesio ha dispuesto que cuatro puertos estén abiertos las veinticuatro horas del día. Los cuatro puertos son Soekarno-Hatta en Makassar, Sulawesi del Sur, Puerto Tanjung Priok en Yakarta del Norte, Puerto Belawan en Medan, Sumatra del Norte, Puerto Tanjung Perak en Surabaya, Java del Este (Licona, Reyes & Celaya, 2015).

### **2.6.14 Islas Fiji**

El comercio marítimo es fundamental para la economía de las Islas Fiji, que está abierta e impulsada por sus exportaciones. Sus principales mercados son Australia, Reino Unido y Estados Unidos. Aproximadamente el 70% del PIB se compone de exportaciones de bienes y servicios, mientras que el 50% se compone de importaciones de productos y servicios. Por lo tanto, la provisión y el funcionamiento eficiente de instalaciones portuarias adecuadas son esenciales para la prosperidad del país. Los muelles de los puertos de Suva y Lautoka, en la isla de Viti Levu, son las principales puertas de entrada al comercio internacional de Fiji (ADB, 2020).

### **2.6.15 Islas Maldivas**

El puerto comercial de Malé es el puerto principal de Maldivas y se considera el núcleo puerta de entrada marítima internacional a las Maldivas. Todas las actividades portuarias, desde el atraque, despeje hasta el final para el almacenamiento se proporcionan desde la misma pequeña instalación. Los servicios y las actividades proporcionadas por MCB son extensas, incluido el puerto astilleros, dársenas portuarias, muelles y fondeaderos. La terminal internacional Hulhumale está operando desde el 27 de junio de 2013 y consta de una terminal local e internacional totalmente compatible con los estándares ISPS. Actualmente, la terminal tiene un volumen de almacenamiento abierto de 500 TEU's y dos almacenes de 100x30 pies, y 3 puntos de enchufe para contenedores refrigerados (Maldives Port Limited, 2018).

### **2.6.16 Japón**

Japón es líder en el sector del automóvil y la electrónica y ha dado paso a numerosas innovaciones tecnológicas. Japón tiene más de 300 puertos pequeños y grandes que contribuyen a su economía y desarrollo de infraestructura entre ellos encontramos los puertos de: Tokio, Kobe, Nagoya, Osaka y Yokohama (MLIT, 2022).

Debido a su proximidad a las principales rutas comerciales que unen a Japón con las principales economías de Asia, América, Europa y Oceanía, así como a sus principales socios comerciales en la región -los principales son China, Corea del Sur y las naciones del sudeste asiático-, la infraestructura del puerto de Tokio se amplía continuamente para satisfacer las demandas de las diversas necesidades comerciales transfronterizas (Tokyo Port Terminal Corporation, 2015).

### **2.6.17 Malasia**

Seis puertos principales atienden el comercio marítimo internacional: Port Klang, Penang, Tanjung Pelapas, Pasir Gudang y Kuantan (Malasia peninsular); Kota Kinabalu y Kuching en (al este de Malasia). El principal puerto, Port Klang, cercano a la capital, Kuala Lumpur, gestiona 10 millones de TEU al año, es decir, casi la mitad del tráfico del país. Tanjung Pelepas es el segundo puerto de Malasia. El sector del petróleo y el gas en alta mar está atendido por los puertos especializados de Bintulu, la base de suministro de la ASEAN, Kemaman y Malasia Oriental (SMA, 2015).

El puerto de Kelang ocupa el puesto 12 de la Asociación Americana de Autoridades Portuarias (AAPA) con 10, 350, 410 de TEUs (AAPA, 2013).

### **2.6.18 México**

De acuerdo con la información que ofrece The World Shipping Council, en su ranking de 2019 para los 50 mejores puertos marítimos mundiales, México aún no se coloca entre estos lugares.

En el siguiente mapa se indican cuáles son controlados por algún tipo de API<sup>4</sup>, ya sea a nivel federal, estatal, cuales son administrados por FONATUR; existen 102 sitios habilitados como puertos y 15 terminales fuera de puerto.

---

<sup>4</sup> Administración Portuaria Integral

Figura 3. Mapa del Sistema Portuario Nacional, 2017



Fuente: SCT, 2017.

Manzanillo con la posición número 3 con un movimiento de 3,078, 505 TEU's, manteniéndose a la cabeza como el puerto más importante en México, el siguiente puerto ubicado en el top 20, con la posición número 14 fue el de Lázaro Cárdenas con 1, 314,798 de volumen en TEU'S, seguido por el puerto de Veracruz y Altamira con las posiciones 16 y 2 respectivamente. A pesar del declive global, la CEPAL<sup>5</sup> reportó un aumento de movimientos del 7.7% respecto del año 2017 (CEPAL, 2018).

La siguiente tabla nos permite ver su evolución desde 2010 y nos da una referencia para deducir el avance que ha tenido nuestra nación en este aspecto. En general, el comportamiento del tráfico marítimo en México ha tenido una buena tendencia.

<sup>5</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**Tabla 5. Evolución del tráfico marítimo para México de 2010 a 2019**

<b>México</b>	
<b>Año</b>	<b>TEU's</b>
2010	3,704,918
2011	4,217,877
2012	4,823,838
2013	4,887,255
2014	5,057,313
2015	5,402,867
2016	5,402,867
2017	6,370,950
2018	6,980,300
2019	7,090,800

Fuente: Elaboración propia mediante UNCTAD Stat 2019.

Para este estudio se contemplarán los puertos ubicados en la región pacífico: Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Ensenada.

#### 2.6.18.1 Manzanillo

El Estado de Colima, en México, alberga la ciudad portuaria de Manzanillo, el cual, está considerado como el puerto más importante del Pacífico mexicano y sirve como centro principal para el comercio local. Además, está considerado como el segundo puerto más importante del Océano Pacífico en América Latina y uno de los diez puertos más grandes y significativos del continente americano. El puerto, que tiene una capacidad dinámica de 2,4 millones de TEUs al año, es el principal punto de entrada de mercancías de comercio internacional en México. Incluye 14 terminales bajo un sistema de concesiones que son controladas por inversionistas de capital privado (BID, 2015).

A continuación, se detallan algunas de las comodidades y servicios que se ofrecen en las terminales:

- Una capacidad dinámica de más de 2 millones de TEUs y una capacidad estática de más de 49.000 TEUs.
- Un puerto especializado en el transporte de contenedores gestionado por CONTECON, con un rendimiento máximo de 120 contenedores por hora y buque, y la posibilidad de cargar y descargar 3 buques simultáneamente.
- 5 silos de almacenamiento para productos agrícolas a granel en estas instalaciones (Idem, 2015).

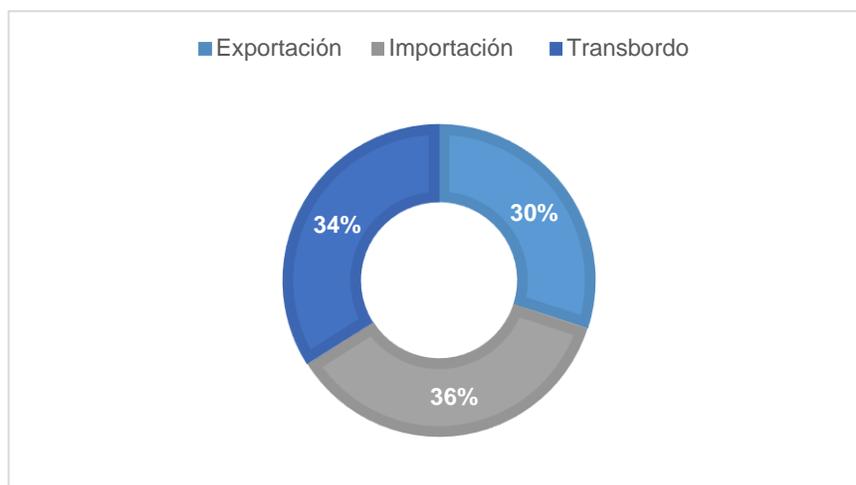
Este puerto enlaza la productiva cadena logística intermodal entre América y Asia. Es el líder latinoamericano en contenedores en el Océano Pacífico, con la primera terminal 100% electrificada. Sus terminales especializadas reciben portacontenedores de sexta generación, de hasta 360 metros de eslora y capacidad de 13,400 TEU's, cuenta con una conectividad intermodal barco-camión-FCCC, con tecnología no intrusiva para revisión de la carga (Puerto de Manzanillo, 2018).

#### 2.6.18.2 Lázaro Cárdenas

Uno de los puntos de acceso marítimo internacional más importantes del Pacífico mexicano es el puerto industrial y comercial de Lázaro Cárdenas. La inmejorable ubicación del Puerto de Lázaro Cárdenas beneficia el fácil acceso a los países de la Cuenca del Pacífico y le permite participar en las más avanzadas redes de transporte marítimo mundial (Puerto de Lázaro Cárdenas, 2018).

El número de TEUs manejados en el puerto de Lázaro Cárdenas aumentó a diciembre de 2019. El movimiento de contenedores del puerto aumentó un 0,3% respecto al número de TEUs manipulados en el ejercicio 2018, operando 1 millón 318 mil 732 TEUs en 2019 frente a 1 millón 314 mil 798 TEUs en 2018. El 36% de los datos corresponde a importaciones de TEUs, el 30% a exportaciones y el 34% restante a operaciones de transbordo de TEUs (CGPMM, 2019).

**Gráfico 1. Carga Contenerizada del puerto de Lázaro Cárdenas a diciembre de 2019**



Fuente: APILAC, 2019.

De acuerdo a la información que se encuentra en el *Handbook* que realizó en 2016 la API del Puerto de Lázaro Cárdenas, las instalaciones portuarias se componen del siguiente modo: terminales públicas, terminales privadas, punto de inspección fitozoosanitario, patios de almacenamiento, instalación de aceites y grasas vegetales, área de servicios logísticos al autotransporte pensión portuaria, aduana, torre de control de tráfico marítimo, edificio corporativo y centro de negocios, terminal especializada de automóviles, recinto fiscalizado estratégico (APILAC, 2016).

El puerto se sitúa en la segunda posición a nivel nacional; cabe destacar que entre los muchos servicios que presta la terminal portuaria, podemos destacar los siguientes como algunas de sus actividades principales:

- Planificación y gestión de las operaciones del recinto portuario.
- Distribución y planificación de los recursos financieros del puerto.
- Establecimiento de tarifas para las infraestructuras portuarias.
- La concesión de contratos para el desarrollo y la gestión de instalaciones y terminales portuarias que impliquen la cesión parcial de derechos.

- Aprobación de permisos para convenios de prestación de servicios portuarios (SCT, 2013).

#### 2.6.18.3 Ensenada

El Puerto de Ensenada está situado en la cabecera del Municipio de Ensenada, que limita al norte con los estados de California y Arizona, al sur con el estado de Baja California Sur, al este con el estado de Sonora y al oeste con el Océano Pacífico. Esta ubicación estratégica en la cuenca del Pacífico se encuentra en el extremo noroeste de México, en el estado de Baja California. Está a sólo 110 kilómetros de la frontera mexicana con los Estados Unidos de América (Puerto de Ensenada, 2020).

Ofrece diversos servicios, como traslados entre recintos, etiquetado, envasado, marbeteado, paletizado, centro de regulación del transporte, encuestas previas, pesaje, seguimiento de contenedores por Internet, 288 conexiones para contenedores refrigerados y punto de inspección y verificación fitosanitaria.

En relación con los buques:

El avituallamiento, el suministro de agua, combustible y energía eléctrica, la recogida de basuras y residuos peligrosos, los servicios de remolque, pilotaje y botadura de buques, el mantenimiento de los mismos y la disponibilidad de un centro de control del tráfico marítimo son ejemplos de servicios (MTCC).

Para los viajes, ofrece:

Cruceros, marinas, excursiones, seguridad las 24 horas, trámites del CIS, estacionamientos abiertos, distritos comerciales, parques y lugares de descanso, así como acceso a internet telefónico e inalámbrico y transporte público (Puerto de Ensenada, 2014).

Los principales destinos de las exportaciones son China, Hong Kong, Corea, Japón, Malasia, Taiwán e Indonesia en Asia; Costa Rica, Honduras y Chile en Centroamérica; Francia, Italia y España en Europa; y Marruecos y Argelia en África. La mayoría de las importaciones proceden de las mismas naciones asiáticas, así como de Nicaragua en Centroamérica y Nueva Zelanda en Oceanía. Debido al comercio y al sector maquilador, Asia es la que más dinamismo tiene (Puerto de Ensenada, 2020).

En carga general figuran: productos de acero, maquinaria, chatarra, yates, fertilizante, madera. En carga suelta, nos diversificamos para atender cargas de granel mineral como: Clinker, cemento, caliza, yeso, coque, mineral de hierro y cobre entre otros. En carga contenerizada, el Puerto de Ensenada es un referente, en el Pacífico Mexicano, gracias a la diversidad de su mercado en el que se movilizan desde materiales brutos como minerales; hasta los más complejos, como televisores de última generación, componentes electrónicos autopartes, cárnicos y pescado (Puerto de Ensenada, 2014).

#### **2.6.19 Myanmar**

Myanmar tiene un total de nueve puertos abasteciendo principalmente por su mar y comercio costero extendiéndose por toda la línea costera, Yangon es el puerto principal ciudad de Myanmar, todos los puertos de Myanmar están administrados por una sola organización, la Autoridad Portuaria de Myanmar (MPA), bajo la dirección del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, este puerto maneja aproximadamente el 95% de importación y exportación marítima; su carga para el periodo 2018-2019 consistió de 1,119,013 TEU's (ESCAP, 2019).

#### **2.6.20 Nueva Zelanda**

Los barcos de 4.000 TEU's o más manejan una parte significativa de la importación y exportación de contenedores en los siguientes puertos: Puerto de Auckland, Puerto de Tauranga, Puerto Napier, Centre Port, Lyttelton Port y Puerto de Otago.

Tauranga y Auckland siguen siendo los jugadores dominantes en el mercado con una cuota de mercado combinada de los 64% del total contenedores manipulados en 2018. Tauranga mantiene su posición como el puerto más grande por rendimiento de contenedores ya que en 2017 el puerto se convirtió en el primero en Nueva Zelanda en manejar más de 1 millones de TEU's, por otro lado, el puerto de Auckland sigue siendo el segundo puerto más grande de Nueva Zelanda con 973,722 TEU's movilizados en 2018 (Deloitte, 2019).

#### **2.6.21 Papúa Nueva Guinea**

Lae Port maneja aproximadamente la mitad del rendimiento de los 22 puertos de Papúa Nueva Guinea y más del 60% del comercio internacional y costero registrado bajo el operador portuario estatal de Lae - el PNG Port Corporation Limited (PNGPCL), que opera 16 de los 22 puertos de Papúa Nueva Guinea.

El puerto de Lae también sirve como puerta de entrada que conecta el mercado mundial con un gran interior del país, que comprende la capital de Morobe; Lae, es el centro industrial y comercial de Papúa Nueva Guinea y cinco provincias ricas en recursos en las tierras altas (ADB, 2012).

#### **2.6.22 Perú**

Callao es el tercer puerto más grande de Sudamérica, el mayor puerto de la costa oeste de Sudamérica y el mayor puerto de Perú. Callao es el principal puerto del país, contabilizando aproximadamente el 75 por ciento de su comercio marítimo, y se estima que ha manejado aproximadamente el 90 por ciento del volumen de contenedores del país y aproximadamente 50 por ciento del tonelaje sin contenedores en 2014 (World Bank Group, 2014).

Perú movilizó 2, 678,258 TEU's en 2019, correspondientes al puerto de Callao (incluyendo las terminales DPW y APM) fueron en total 2,313 907 en movimiento de TEU's. (Sánchez, 2020).

### **2.6.23 República de Corea**

El Puerto de Busan, conecta 500 puertos en 100 países, es el puerto central logístico del noreste de Asia en el siglo XXI y para acomodar el rápido aumento del tráfico de contenedores en la región, la autoridad portuaria continúa expandiendo las instalaciones portuarias y sus sistemas de distribución, mientras acelera el desarrollo de un Nuevo Puerto de última generación (BPA, 2022).

La ciudad de Busan, en el sureste del país, fue el puerto marítimo más activo del país en el tercer trimestre con 5.67 millones de TEU, seguida de Incheon, a 40 kilómetros al oeste de Seúl, con 810,000 TEU's. (PP, 2021).

### **2.6.24 Rusia**

Vladivostok es uno de los puertos más grandes de la costa del Pacífico de Rusia. La facturación de mercancías durante los primeros tres trimestres de 2016 ascendió a 9,3 millones de toneladas, un aumento del 11,3% con respecto a los volúmenes de carga de 2015. El puerto en sí está cerca de China, Corea y Japón, lo que lo convierte en un centro ideal para los esfuerzos comerciales asiáticos. El puerto de Vladivostok está equipado con modernas instalaciones de almacenamiento, manipulación de carga y abastecimiento de combustible. Es uno de los puertos mejor equipados del Lejano Oriente ruso. Se incluyen 15 atracaderos con una longitud total de 4.1 kilómetros y un área de almacenamiento consolidada de 353 mil kilómetros cuadrados (FESCO, 2022).

### **2.6.25 Samoa**

En Samoa hay cinco puertos principales: dos están en Savaii y tres en Upolu (Aleipata, Apia y Mulifanua) (Asau y Salelologa). El puerto de Apia, que sirve de centro para los buques de pasajeros y de carga de la costa, recibe casi todo el comercio marítimo internacional de Samoa. El puerto cuenta con dos muelles de estiba internacionales, instalaciones de tierra/tierra, un parque de contenedores y

una zona para actividades portuarias. Para dar cabida al aumento del comercio y de la población viajera, Samoa ha realizado importantes inversiones en las infraestructuras de los puertos nacionales y del puerto internacional de Apia, especialmente las destinadas al desarrollo y la renovación de los muelles de Mulifanua y Salelologa (OMC, 2019).

#### **2.6.26 Singapur**

Los puertos de Singapur son el centro de transbordo más activo del mundo. Ofrece acceso a más de 600 puertos de 123 países y está situado a 30 km al suroeste del puerto malayo de Johor, en el punto más meridional de la península malaya. La naturaleza isleña de la ciudad-estado de Singapur (además de la isla principal de Singapur, contiene 60 pequeñas islas costeras) determina el desarrollo dinámico y excelente mantenimiento tanto lineal como puntual infraestructura de transporte, y transporte marítimo en particular. En términos de la cantidad de contenedores transbordados contados en TEU, Singapur ocupa el segundo lugar entre los puertos más grandes del mundo (con 36,6 millones de TEU transbordados en 2018. (Mindur, 2020).

#### **2.6.27 Sri Lanka**

Colombo, la capital de Sri Lanka, cuenta con un gran puerto de aguas profundas. Las instalaciones portuarias de Colombo están situadas en la costa sureste de la isla y comprenden dos terminales: Queen Elizabeth Quay y Jaya Container Terminal (SUSSC, 2012).

El puerto de Colombo tiene el potencial de convertirse en el "puerto central" de la región atribuido a su ubicación estratégica, en el Lejano Oriente a la ruta comercial europea del golfo, con un rendimiento de 5,18 millones de TEU, el puerto de Colombo se situó en el puesto 28 entre los 50 mejores puertos del mundo según el World Shipping Council en 2015 (Ariyawansa et al., 2017).

### **2.6.28 Tailandia**

La economía contemporánea, la industria exportadora y la economía comercial de la ciudad y la nación se han beneficiado enormemente de las contribuciones de la Autoridad Portuaria tailandesa. Está considerada como una empresa de gestión portuaria de primer orden tanto en el país como en el extranjero. Tiene unos 122 puertos capaces de gestionar el comercio internacional. Dos puertos públicos, el de Bangkok y el de Laem Chabang, gestionan la mayor parte del comercio de contenedores. Los muelles tradicionales y los pequeños embarcaderos se utilizan para gestionar la carga convencional (Licona, Reyes y Celaya, 2015).

### **2.6.29 Taiwán**

Siete puertos de Taiwán, Keelung, Kaohsiung, Hualien, Taichung, Suao, Anping y Taipéi, según el Ministerio de Transporte, manejan mercancías internacionales (Legiscomex, 2016).

El puerto de Kaohsiung es la puerta de entrada de Taiwán y maneja alrededor de dos tercios de todos los contenedores en Taiwán. Como centro de producción industrial y de importación y exportación de productos, Kaohsiung es crucial para la economía de Taiwán. En términos de capacidad de movimiento de contenedores, el puerto de Kaohsiung figura como el decimotercer mayor puerto del mundo. El carbón, el petróleo, el hierro, la grava, el hierro y el petróleo crudo representan la mayor parte de la carga general para los puertos de Taiwán, en 2017 movilizó 10.27 millones de TEU's (KN, 2018).

### **2.6.30 Vietnam**

Con el inicio de la manipulación de la carga en contenedores, el puerto de Saigón ha entrado en una nueva fase de crecimiento para el comercio mundial. Sus objetivos incluyen ser líder en desarrollo y mantener su condición de principal punto de entrada internacional de Vietnam (SNPC, 2022).

La terminal de Sai Gon se encuentra en la zona norte del puerto de Ho Chi Minh, consta de 4 muelles que incluyen Nha Rong, Khanh Hoi, Tan Thuan y Tan Thuan, manejan granel, granel seco, contenedores y materiales industriales respectivamente. Además de esos muelles, la terminal cuenta con 34 atracaderos de boyas en el río Sai Gon donde se implementan las operaciones de barcazas (ASEAN, 2020).

## **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO**

### **3.1 Introducción**

En este apartado se sentarán las bases para el estudio de la eficiencia en la logística portuaria, se procederá a revisar las contribuciones de la teoría de la eficiencia y su medición, mismas que han sido realizadas mayormente por Farrell, se detallarán las diferencias entre productividad y competitividad ya que suelen ser conceptos que generan confusión porque están ligados entre sí y son utilizados para referirse al funcionamiento de firmas, sectores o naciones; Por último, se examinarán las ideas básicas de eficiencia, centrándose en la eficiencia técnica, asignativa y global que son conceptos que proporcionan el sustento para explicar la eficiencia en la industria portuaria.

### **3.2 Conceptualización de Eficiencia**

Debreu (1951) y Koopmans (1951), desde una perspectiva comercial, relacionaron el uso de los recursos con la producción, pero no midieron la eficiencia como tal, lo que dio lugar a la idea de eficiencia en la década de 1950.

La frontera de eficiencia de Pareto (o Pareto-óptima) de conjuntos de posibilidades de producción se utiliza tradicionalmente de forma conceptual para describir la función de producción en la teoría económica de la producción.

Farrell (1957) definió (para el caso de un solo producto) una medida de "eficiencia técnica" de las unidades de producción observadas en relación con el total de unidades observadas bajo el supuesto de que el proceso de producción de conversión de insumos en productos era lineal y de rendimientos constantes a escala. También trató de proporcionar un marco técnico para los aspectos estadísticos y empíricos de la producción (Charnes et al., 1983).

A Farrell (1957) se le atribuye el desarrollo del primer método para medir la eficiencia técnica, que se dividió en dos categorías: eficiencia asignativa y eficiencia técnica.

Charnes, Cooper y Rhodes (1981), que utilizaron el modelo de Farrell para crear el Análisis Envolvente de Datos (DEA), que tiene una amplia gama de aplicaciones y se adapta también a las telecomunicaciones, fueron otros autores que hicieron importantes contribuciones a este modelo.

Tanto los teóricos como los responsables de la política económica deben enfrentarse a la cuestión de calcular el nivel de eficiencia productiva de una industria. Es crucial tener acceso a algunas métricas de eficiencia precisas si se quieren probar empíricamente las afirmaciones teóricas sobre la eficacia relativa de diversos sistemas económicos. Del mismo modo, es crucial comprender en qué medida puede proyectarse el crecimiento de la producción de una determinada industria con sólo mejorar su eficiencia, sin consumir más recursos, si la planificación económica ha de centrarse en industrias específicas (Farrell, 1957).

Se han realizado mediciones minuciosas de algunas o todas las entradas y salidas de la industria en un esfuerzo por abordar esta cuestión, pero estas mediciones no se han reunido de manera que produzcan una eficiencia adecuada. Este fracaso se ha producido en parte por ignorar el aspecto teórico de la cuestión. En realidad, durante mucho tiempo se consideró que era suficiente para calibrar el rendimiento medio de los trabajadores y que servía como indicador de la eficiencia. Teniendo en cuenta que ignora todos los insumos que ahorran trabajo, esta medida no es evidentemente adecuada, aunque los econométricos la utilizaban con frecuencia. Recientemente, se ha intentado crear "índices de eficiencia", que comparan los resultados con una medida ponderada de los insumos (Idem, 1957).

En las aplicaciones de la eficiencia a la investigación política se suele vincular a una relación medios-fines. Se sugiere que un sistema es eficaz si logra sus objetivos con la menor cantidad de dinero. Un sistema eficaz "...obtiene más resultados con un conjunto dado de recursos, insumos, o logra niveles equivalentes de resultados con menos insumos, si permanece todo lo demás igual", según Marlaine Lockheed y Eric Hanushek (1994) en (Mokate, 1999).

Según Koontz y Weihrich, la eficacia es "la consecución de los objetivos con la menor cantidad de recursos", mientras que la eficiencia es "el cumplimiento de los objetivos", Koontz y Weihrich (1998) en (Navarro, 2005).

### 3.2.1 Eficiencia y productividad

En palabras de Mejía (2008): "La calidad se mide, la productividad se cuantifica y la eficiencia se determina. Lo que no se mide no se mejora".

Los términos productividad y eficiencia tecnológica se emplean con frecuencia cuando se trata de cuantificar el rendimiento de cualquier industria, pública o privada. Estas ideas se utilizan con frecuencia y de forma incorrecta de forma intercambiable. González y Trujillo (2009) afirman que el concepto erróneo proviene de la idea de que el rendimiento de una empresa aumenta a medida que se vuelve más productiva y eficiente. A pesar de lo estrechamente relacionadas que están estas ideas, no deberían verse bajo la misma luz.

La productividad es un concepto separado de la eficiencia. "Productividad es una mera medición de la relación entre el total producido y los recursos empleados en un momento dado del tiempo y dada la escala de producción elegida. De esta forma, una DMU<sup>6</sup> que no se encontrase sobre el conjunto frontera de producción podría tener una mayor productividad que otra solo cambiando la técnica utilizada para combinar los recursos sin llegar a extraer el mayor provecho de ella" de acuerdo a los autores Doerr y Sánchez (2006).

Según David Sumanth (1990), el término productividad difiere según quién lo utilice, ya sean economistas, contables, administradores, políticos, dirigentes sindicales o ingenieros. También sugieren que hay varios conceptos de productividad:

---

<sup>6</sup> Decision Making Unit o Unidad de Toma de Decisiones

- i. La relación entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo se denomina productividad parcial.
- ii. La relación entre la producción neta y el total correspondiente de los elementos de trabajo y capital se conoce como productividad total de los factores.
- iii. La productividad total, que se calcula como la relación entre la producción total y el total de todos los elementos de entrada, demuestra la influencia global de todos los insumos en la generación de la producción.

Koontz y Weihrich (1998) describen la eficiencia como la consecución de los objetivos utilizando el menor número de recursos. Sumanth (1990) define la eficiencia como la relación entre la producción real y la producción estándar.

Para Mejía (2008) en el aspecto cultural, laboral y empresarial, “trabajar en productividad es ser conscientes del tiempo, del espacio, de los suministros, del desperdicio, de hacer las cosas bien, de consumir menos y producir más, del cumplimiento, del avance en los conocimientos, etcétera”.

### **3.2.2 Eficiencia y competitividad**

A lo largo de los años, ha sido difícil definir la idea de competitividad. La CEPAL, a través de Padilla (2006), ha desarrollado una serie de definiciones para ayudarnos a entenderla mejor:

- Primer informe al presidente y al Congreso, Consejo de Competitividad de los EE. UU. (1992): “... es la capacidad de producir bienes y servicios que superen la prueba de la competencia internacional mientras los ciudadanos gozan de un nivel de vida creciente”. Primer informe al presidente y al Congreso, Consejo de Competitividad de los EE. UU. (1992).

- Foro Económico Mundial, Informe de Competitividad Mundial (1996): “La capacidad de un país de alcanzar en forma sostenida altos índices de crecimiento de su PIB per cápita”.
- Informe de la Comisión Especial de la Cámara de los Lores sobre comercio internacional (1985): “Una empresa es competitiva cuando puede producir productos y servicios de calidad superior y a costos inferiores que sus competidores. La competitividad es sinónimo del desempeño de rentabilidad de una empresa en el largo plazo y de su capacidad para remunerar a sus empleados y generar un mayor rendimiento para sus propietarios”.
- Porter (1990): “La productividad nacional es el único concepto válido de competitividad a nivel nacional”. Porter (1990).
- McFetridge (1995): “A nivel de empresa la competitividad está asociada con rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros”.

La capacidad de una empresa para impulsar la innovación está influida por cinco propiedades: la estrategia de la empresa, la estructura y la competencia, las circunstancias de la demanda, las industrias conexas y auxiliares y las condiciones de los factores. Las empresas obtienen una ventaja competitiva mediante el fomento de la innovación (Piñeiro, 2016).

La capacidad de una nación para competir depende de lo innovadoras y progresistas que sean sus industrias. Continúa diciendo que la historia, las instituciones, los sistemas económicos y los ideales de las distintas naciones contribuyen a sus distintos logros competitivos (Porter, 1990).

Las condiciones presentes a nivel industrial y regional tienen un impacto en la competitividad de una empresa. Al mismo tiempo, las condiciones nacionales repercuten en la competitividad regional e industrial (Abdel y Romo, 2004).

Es fundamental destacar que la idea de la competitividad ha generado un debate entre varios académicos. Por ejemplo, Paul Krugman argumentó en el número de 1994 de *Foreign Affairs* que, a pesar del atractivo del argumento de la competitividad, enmarcar las cuestiones económicas nacionales en términos de competencia mundial era peligroso e infundado porque servía para distraer de las verdaderas cuestiones subyacentes y dar lugar a la aplicación de políticas económicas deficientes que desperdiciaban recursos limitados (Krugman, 1994).

Teniendo esta literatura revisada se puede decir que, la eficiencia funge como factor que puede aumentar o generar competitividad a un sector.

### **3.3 Conceptos Básicos de Eficiencia**

La eficiencia, según Seijas (2004), es la capacidad de alcanzar los objetivos especificados utilizando la menor cantidad de recursos posible, optimizando dichos objetivos. También se puede decir que es alcanzar el mayor objetivo con los recursos dados.

Según su encaje en el paradigma teórico de la teoría de la producción, algunos autores diferencian entre varios niveles de eficiencia. La eficiencia técnica, la eficiencia asignativa y la eficiencia de escala son los tres componentes de la eficiencia económica (Garca, 2002).

El análisis de eficiencia utiliza un número limitado de "DMU", también conocidas como unidades "productivas" o "de respuesta", con entradas y salidas idénticas para producir datos. Una calificación de eficiencia relativa debe ser obtenida para cada unidad. Normalmente, se realizarán observaciones a lo largo del tiempo de cada unidad y los resultados de los análisis de eficiencia se emplearán para ayudar en la gestión de cada una de las unidades. Suponemos  $n$  unidades,  $s$  salidas y  $m$  entradas. Los valores deben ser números no negativos (a veces positivos) (Charnes *et al.*, 1983).

### 3.3.1 Eficiencia técnica

La idea de eficiencia que se emplea con más frecuencia es ésta. Se consigue si un determinado conjunto de parámetros de producción permite alcanzar el menor coste para lograr un determinado nivel de producción o servicio (orientación al input). Otra acepción sería la creación del mayor número de bienes o servicios a un coste determinado como resultado de un conjunto concreto de condiciones (orientación a la producción). La distinción clave entre ésta y la eficiencia distributiva es que parte de un porcentaje concreto de elementos cuyo coste se reduce o cuya producción se maximiza. Cuando se utiliza una nueva tecnología, por ejemplo, la mezcla de elementos puede cambiar, pero su proporción no lo hace debido a la fijación de precios y a las productividades marginales (que es el caso de la eficiencia asignativa). En este sentido, se puede considerar que la eficiencia técnica se fija en cantidades y no en valores. Es un paradigma técnico que hace hincapié principalmente en la organización de las tareas y los procesos productivos (Gómez, 2001).

Para desglosar la eficiencia técnica (*Scale Efficiency*) pueden utilizarse la eficiencia de escala y las métricas de eficiencia técnica pura. El término "ineficiencia técnica pura" describe las desviaciones de la frontera de eficiencia provocadas por el uso ineficaz de los recursos. Como resultado, esta métrica opera bajo la presunción de que las empresas experimentarían rendimientos constantes a escala (Leal & Cepeda, 2013).

Cuando hablamos de la eficiencia de una industria, solemos referirnos a su rendimiento a la hora de producir la mayor cantidad de producto a partir de un conjunto determinado de insumos. Esta utilización sería probablemente habitual si se controlaran con precisión todos los insumos y productos. Por lo tanto, es imposible cuantificar la eficiencia técnica de la gestión de un sector aisladamente de este elemento; siempre debe reflejar, en cierta medida, la calidad de sus insumos (Farrell, 1957).

En consecuencia, la eficiencia técnica se define en relación con un determinado grupo de empresas y en términos de un conjunto específico de parámetros evaluados con una metodología concreta. Cualquier cambio en estas especificaciones tendrá un efecto en la medición (Idem, 1957).

### **3.3.2 Eficiencia asignativa**

La eficiencia asignativa en microeconomía se produce cuando no se despilfarran los recursos y se cumple el principio de optimalidad de Pareto. Para alcanzar la eficiencia asignativa, deben cumplirse tres requisitos fundamentales (Parkin, 1995):

- La eficiencia económica. Es un término que se refiere tanto a la eficiencia tecnológica (o técnica) como a la utilización de los elementos de producción de forma que se reduzcan los costes.
- Eficiencia del consumidor. Se produce cuando los intentos de los clientes de asignar sus finanzas de forma más inteligente fracasan.
- Igualación del beneficio social marginal (valor de las ventajas de una nueva unidad de consumo, incluidos los beneficios externos) y el coste marginal (coste de producir una nueva unidad de producción, incluidos los costes externos) (Varian, 2010).

Según Yarad (1990), la eficiencia en la asignación o en los costes se refiere a que la totalidad de los desembolsos financieros en insumos necesarios para crear una cantidad determinada de productos básicos sea tan baja como sea razonablemente factible a la luz de los costes de los insumos.

Según González-Páramo (1995), la eficiencia asignativa o de precios se produce cuando una empresa optimiza los ingresos o reduce los gastos. La eficiencia asignativa (o de precios), según Coll y Blasco (2006), es la capacidad de las DMU de utilizar varios insumos en las mejores combinaciones dados sus respectivos costes.

Por tanto, los costes de la empresa observada serían un  $\theta$  dada por una proporción OR/OP de lo que son si fuera técnicamente eficiente y eficiente en referencia a los precios de los factores (eficiencia asignativa). Esta ratio, al que nos referiremos como eficiencia económica total (eficiencia global) en el siguiente apartado, se crea multiplicando la eficiencia técnica por la eficiencia asignativa (González y Trujillo, 2009).

### **3.3.3 Eficiencia global o económica**

Una medida de la eficiencia global, también conocida como eficiencia económica, viene dada por el producto de las eficiencias técnica y asignativa en estos términos. La eficiencia económica se produce esencialmente cuando la sociedad debe optimizar en términos dinámicos sus ventajas a partir de los recursos limitados de que dispone (Arzubi y Berbel, 2002).

En consecuencia, según Pinzón (2003), "la eficiencia económica es considerada como el logro de la máxima producción al menor coste posible".

Farrell definió la eficiencia económica como el tipo de eficiencia que mostraría una asignación si fuera técnica y asignativamente eficiente (Farrell, 1957).

### **3.4 Métodos No Paramétricos y Paramétricos**

La eficiencia puede medirse desde dos puntos de vista: modelos paramétricos y no paramétricos; en los primeros, se asume una forma funcional concreta para la relación entre insumos y productos, y el término de error estocástico, que puede dividirse en ineficiencia y ruido aleatorio, se basa en modelos econométricos y puede calcularse mediante mínimos cuadrados ordinarios o frontera estocástica. Sin aplicar una restricción de función específica, la frontera puede determinarse directamente a partir de los datos mediante técnicas de programación matemática cuando se utiliza un modelo no paramétrico. El modelo Free Disposal Hull (FDH) y

el **Án**alisis Envolvente de Datos son dos métodos para crear modelos no paramétricos (De Borger et al, 1994) en (Navarro & Delfín, 2020)

### **3.5 Métodos No Paramétricos**

#### **3.5.1 Método DEA**

A la unidad de decisión (DMU), conjunto de entidades objeto de estudio, se le asigna un peso o valor de las entradas y salidas que maximiza el valor de eficiencia de su producción mediante el modelo de análisis envolvente de datos, una técnica de programación lineal no paramétrica (Cooper, Seiford & Tone, 2007) en (Navarro & Delfín, 2018).

Dado que la DEA es un enfoque no paramétrico, es posible comparar la eficiencia técnica y de asignación sin tener un conocimiento previo de una función de producción o de costes. Por ello, esta técnica es bastante útil. Se trata de un sistema de optimización destinado a evaluar la eficacia relativa de las unidades de decisión (DMU) (Perdomo y Mendieta, 2007).

Se han utilizado dos enfoques para aplicar las ideas de Farrell (1957): la estimación de fronteras estocásticas y las medidas, que es un método utilizado para comparar la eficacia de unidades homogéneas. Esta técnica ofrece una ordenación de los agentes o DMU (Decision Making Unit), asignándoles una puntuación de eficiencia relativa, a partir de los inputs y outputs. El conocimiento de las DMUs es utilizado por los modelos DEA, y cuando se ha establecido quiénes son eficientes, se procura establecer objetivos de mejora para las no eficientes a partir de los logros de las primeras. Según Cooper et al. (2007), los modelos DEA pueden ser optimizados tanto para la creación de outputs como para la combinación de inputs (Navarro, Ayvar & Zamora, 2016).

### 3.5.1.1 Antecedentes DEA

Este enfoque se adhiere fundamentalmente a las ideas centrales de Farrell (1957). Sin embargo, además de este autor, varios otros -incluyendo a Seiford (1996), Charnes & Cooper (1962), Aigner & Chu (1968), y otros- también contribuyeron al desarrollo y uso del DEA (Afriat, 1972).

En 1968, Aigner y Chu intentaron continuar el trabajo pionero de Farrell (1957). Tras distinguir entre varios conceptos relacionados con la producción que complicaban su comprensión, se propusieron completar el trabajo de Farrell en aquellos aspectos en los que no era capaz de ser lo suficientemente general (como la estimación de la frontera efectiva bajo la ley de proporciones variables) utilizando técnicas de programación matemática.

En resumen, todos los ejemplos citados darían lugar a un sistema que compara unidades de decisión (DMU) homogéneas en lo que respecta a los insumos y los productos, proporcionando así un indicador de eficacia relativa. El cálculo de la relación entre el total ponderado de los outputs y la suma ponderada de los inputs, con las ponderaciones determinadas según el criterio de Pareto y teniendo en cuenta que la eficacia de ninguna entidad puede ser superior a la unidad, arroja la eficacia técnica relativa de cada DMU (Charnes et al; 1997).

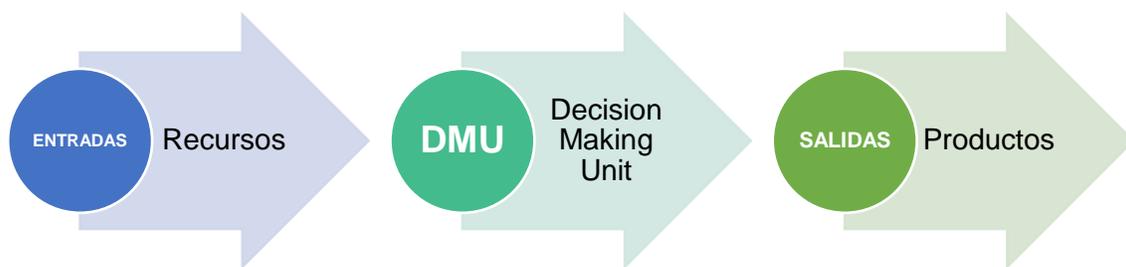
### 3.5.1.2 Fundamentos teóricos y metodológicos de los modelos DEA

Esta técnica busca maximizar la medida de eficiencia de cada unidad analizada para producir una frontera eficiente basada en el criterio de Pareto. La DEA es una técnica de medición de la eficiencia que se basa en la obtención de una frontera de eficiencia a partir del conjunto de observaciones consideradas sin la estimación de ninguna función de producción, es decir, sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre los inputs y los outputs (Charnes et al; 1997).

La DEA se desarrolló como una técnica para evaluar la eficacia de una serie de componentes, a menudo conocidos como Unidades de Decisión (DMU), utilizando varios puntos de entrada y salida para cada una de las DMU consideradas. Las DMUs deben ser equivalentes; tanto sus entradas como sus salidas deben ser medibles en unidades uniformes para cada una de ellas. Cualquier organización que produzca utilizando determinados recursos y tenga la capacidad de modificar tanto el nivel de recursos utilizados (entradas) como el nivel de producción generado (salidas) (Ídem, 1997).

Hay dos maneras de determinar la eficiencia de una unidad en cualquier escenario. La primera es determinar cuántos insumos se necesitan para producir una determinada producción (orientación hacia los insumos), y la segunda es maximizar la producción conservando los insumos (orientación hacia la producción). La decisión entre las dos opciones depende de los detalles del problema que hay que investigar.

**Figura 4. Fabricación de una DMU**



Fuente: Elaboración propia mediante Charnes, Cooper & Rhodes, 1978.

### 3.5.1.3 Modelo DEA-CCR (Charnes, Cooper & Rhodes)

Sobre la base de las evaluaciones unidad por unidad de Farrell (1957) y la idea de relación de ingeniería de la medida de eficiencia para una sola entrada y salida, el análisis de eficiencia en sus aspectos gerenciales y en su construcción; Charnes Cooper y Rhodes iniciaron las extensiones a situaciones de múltiples entradas y múltiples salidas (Charnes *et al.*, 1983).

Este modelo fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) con base en los conceptos de eficiencia inicialmente planteados por Farrell (1957). El modelo CCR proporciona medidas de eficiencia tipo radial, orientadas a salidas y/o entradas y rendimientos constantes a escala, supone convexidad y libre disposición de entradas (Londoño & Giralda, 2009).

El primer modelo DEA, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), denominado en homenaje a sus autores DEA-CCR, tuvo una orientación de entrada y suponía la existencia de rendimientos constantes de escala (CRS). Esta metodología busca establecer qué empresas de una muestra determinan la superficie envolvente o frontera de producción eficiente. La distancia radial de una empresa hacia la frontera provee la medida de su eficiencia. (Leal & Cepeda, 2013).

Posteriores ampliaciones y elaboraciones de otros colegas se hicieron con más atención a los aspectos económicos clásicos y a la dualidad matemática de la estructura de la función de producción y es así como el Análisis Envolvente de datos se descubrió por primera vez en el trabajo de CCR (Charnes *et al.*, 1983).

### 3.5.1.4 Modelo DEA-BCC (Banker, Charnes & Cooper)

El modelo BCC de Banker *et al.* (1984) y según Boussofiane *et al.* (1991) y Pedraja & Salinas (1994) este modelo fue propuesto con el propósito de estimar la eficiencia puramente técnica eliminando la influencia que pudiera tener la existencia de economías de escala en la evaluación de la ratio de eficiencia de las DMU's. El

hecho es que la medida de eficiencia de una unidad está condicionada no sólo por la gestión de esta sino también por la escala en la que opere y el modelo CCR suponía tácitamente la existencia de rendimientos constantes a escala, al definir las restricciones del modo que proponía. Esto significaba que todas las unidades se comparaban como si estuvieran sometidas a rendimientos constantes y no se contemplaba la posibilidad de existencia de ineficiencias debidas a las diferencias entre las escalas operativas en cada DMU.

La hipótesis de los rendimientos variables a escala (VRS) se presenta en este segundo modelo DEA sugerido, a veces denominado DEA-BCC (Banker et al., 1984).

Además de estos dos modelos clave (CCR y BCC), la bibliografía contiene una serie de modelos DEA menos comunes, entre los que se incluyen el modelo aditivo (Charnes et al., 1985), el modelo multiplicativo (Charnes et al., 1982), el modelo DEA de relación cónica (Charnes et al., 1990), el modelo DEA de región de garantía (Thompson et al., 1986, 1990) y el modelo de supereficiencia (Andersen & Petersen, 1993) en (Leal & Cepeda, 2013).

Sin embargo, estos modelos adicionales se omitirán, puesto que no serán detallados o utilizados en este estudio.

### 3.5.1.5 Ventajas y desventajas en la utilización de los modelos DEA

**Tabla 6. Ventajas y desventajas del método DEA**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Se ha adaptado para el análisis de las industrias que producen una variedad de bienes utilizando una variedad de insumos.	Es exigente con la homogeneidad de las unidades observadas.

Se modifica para tener en cuenta las circunstancias en las que los precios de los factores y los productos están mal definidos o son difíciles de estimar.	Debido a su naturaleza determinista, hace la suposición de que cualquier desviación de la frontera de una asignación de insumos y productos sólo sería el resultado de un comportamiento ineficiente.
Ofrece mucha información adaptada específicamente a cada DMU que puede utilizarse para crear reglas para aumentar la eficacia de las unidades de bajo rendimiento.	Dado que no existen pruebas adecuadas para determinar si los resultados del análisis son estables o cambiarían drásticamente con la adición de otros tipos de variables, hay que prestar mucha atención a la hora de elegir las variables que se incluirán en este modelo.
No se requiere especificar una forma funcional de producción o costos.	Los valores atípicos de la muestra se detectan con sensibilidad.
Los datos pueden ser flexibles, pueden ser variables continuas y discretas y en cualquier unidad de medida.	Se requiere información completa.
Es menos susceptible a errores de especificación.	Se obtienen resultados concretos de eficiencia, pero no se puede analizar su precisión.
Fácil de comprender.	La fiabilidad de los resultados es mínima, ya que es imposible saber, a partir de las comparaciones entre unidades, si una diferencia se debe a la inexactitud de los datos.
Extiende su observación hacia las economías de escala.	

Fuente: Charnes *et al.*, 1978.

A la vista de las posibilidades de minimizar sus inconvenientes, de las ventajas que aporta frente a otro tipo de métodos de cuantificación de la eficiencia, y del uso que

se le ha dado para este fin en trabajos de características similares al que aquí se pretende desarrollar, es posible concluir que la técnica DEA es suficientemente adecuada para su uso en el sector público.

### 3.5.2 Modelo FDH

Deprins, Simar y Tulkens (1984) introdujeron por primera vez el modelo Free Disposal Hull, que fue ampliado por Tulkens (1993) y Chang (1999). Este enfoque no paramétrico evalúa la eficacia de las unidades de producción o de decisión (Navarro & Delfín, 2020).

#### 3.5.2.1 Fundamentos del modelo FDH

El enfoque FDH fue propuesto por Deprins, Simar y Tulkens (1984) y Tulkens (1986, 1993) como una nueva referencia tecnológicamente determinista y no paramétrica para la evaluación de la eficiencia de la producción. El FDH hace menos suposiciones tecnológicas sobre la fabricación que otros enfoques existentes.

FDH hace supuestos muy débiles en cuanto a la tecnología de producción. Aparte de FDH, la tecnología menos restrictiva utilizada hasta ahora en el enfoque no paramétrico asume en su lugar una débil disponibilidad de fuerte desechabilidad. Además, en este modelo, se puede argumentar que los supuestos de una fuerte libre disposición en entradas y salidas (Kerstens *et al.*, 1994).

Un estudio de la eficiencia relativa en dos orientaciones -en términos de entradas y en términos de salidas- es posible utilizando el enfoque FDH, así como todas las metodologías no paramétricas (Navarro & Delfín, 2020).

## 3.6 Métodos Paramétricos

### 3.6.1 Modelo SFA

En el modelo SFA<sup>7</sup> los componentes de capital sirven como insumos y producen productos en una estimación de la función de producción para las terminales de contenedores. Así, la eficiencia técnica cambia con el tiempo y se determina como un componente del término residual, en función de una serie de variables independientes. Los resultados ofrecen una hoja de ruta para comprender los elementos explicativos de la eficiencia tecnológica y las tendencias a lo largo del tiempo, las subregiones y los países. Además, aportan información importante para la toma de decisiones en materia normativa y operativa en la industria portuaria (Morales, Serebrisky, Araya, Briceo-Garmendia & Schwartz, 2013).

#### 3.6.1.1 Antecedentes de SFA

Farrell (1957) propuso por primera vez la idea de una frontera, pero no fue hasta Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977) que desarrollaron un método de regresión para analizar dicha frontera. Este método incluía un término de ineficiencia que se convierte en una variable de eficiencia técnica con un rango de 0 a 1.

Para Aigner y Chu (1968), Aigner et al., (1977), Meeusen y van den Broeck (1977), la formulación del SFA interviene una función de producción o de costes con un término de error que tiene dos elementos -un efecto de ruido aleatorio y un impacto de ineficiencia.

Posteriormente, Battese y Coelli (1992) sentó las bases para la aplicación de métodos de frontera variables en el tiempo con panel de datos.

---

<sup>7</sup> *Stochastic Frontier Analysis* o Análisis de Frontera Estocástica.

### 3.6.1.2 Diferencias entre SFA y DEA

En un análisis comparativo de los méritos metodológicos del análisis SFA and DEA, Cullinane, Wang, Song y Ji (2007) encontraron altas correlaciones entre los resultados obtenidos de cada modelo (que oscilan entre 0,63 y 0,80, dependiendo de la especificación), lo que sugiere que los resultados de DEA también son robustos bajo los supuestos distributivos de un SFA (Morales, Serebrisky, Araya, Briceño-Garmendia & Schwartz, 2013).

Mientras que la DEA se limita a requerir supuestos bastante más débiles sobre el conjunto de posibilidades de producción, como la convexidad y la extrapolación mínima, la técnica SFA hace un supuesto sobre las formas funcionales de la función de producción y el factor de ineficiencia (Banker et al., 1984).

**Tabla 7. Diferencias de los Métodos DEA y SFA**

<b>Diferencias de los métodos DEA y SFA</b>	
<b>DEA</b>	<b>SFA</b>
Enfoque no paramétrico.	Enfoque paramétrico
Enfoque determinista	Enfoque estocástico
No considera ruido aleatorio	Considera el ruido aleatorio
No permite contrastar hipótesis estadísticas	Permite contrastar hipótesis estadísticas
No impone supuestos sobre la distribución del término de ineficiencia	Impone supuestos sobre la distribución del término de ineficiencia
No incluye término de error	Incluye el término de error compuesto
No impone supuestos sobre la distribución del término de ineficiencia	Requiere especificar una forma funcional
Sensible al número de variables, errores de medición y valores atípicos	Puede confundir ineficiencia con especificación pobre del modelo

Método de estimación: programación matemática	Método de estimación: econométrico
---	------------------------------------

Fuente: González & Trujillo, 2009.

Una ventaja de DEA es que permite múltiples salidas, mientras que SFA en la forma de frontera de producción, es más aplicable a una sola producción o medida agregada, como ventas o valor agregado (Chen, Chien-Ming & Delmas, 2015).

## CAPÍTULO IV MODELO DE ANÁLISIS DEA

### 4.1 Introducción

En este capítulo se hará un repaso exhaustivo del modelo DEA según las fórmulas básicas, los factores clave a tener en cuenta a la hora de calcular los resultados del modelo, ya sean de escala variable o de escala constante, y las técnicas complementarias que se emplearon para crear la metodología DEA.

### 4.2 Método DEA

Charnes *et al.* (1981), mencionan que la técnica DEA es un “modelo de programación matemática aplicado a datos de observación que proporciona una nueva forma de obtener estimaciones empíricas de relaciones extremas, como las funciones de producción y/o la superficie de posibilidades de producción eficiente que son una piedra angular de la economía moderna. El resultado de estas relaciones extremas se utiliza para envolver las observaciones con el fin de obtener medidas de eficiencia...”

Dicho de otro modo, el enfoque DEA permite estimar una medida de eficiencia distinta para cada observación de la muestra en función de su separación de la frontera. Además, en la frontera eficiente se refleja una tecnología de referencia que se desarrolla a partir de los inputs y outputs de las observaciones de la muestra. Para cada unidad de producción (DMU) que se observa, DEA propone resolver un programa lineal en el que optimiza cada observación individual con el objetivo de crear una frontera establecida por las unidades observadas que resultaron eficientes (Carbone, Frutos & Casal, 2014).

El método de análisis se basa en una fórmula de programación lineal para calcular la eficiencia relativa basada en una relación ponderada derivada matemáticamente de salidas a entradas con la siguiente ecuación simplificada:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma ponderada de outputs}}{\text{Suma ponderada de inputs}}$$

Fuente: Leung et. al, 2016.

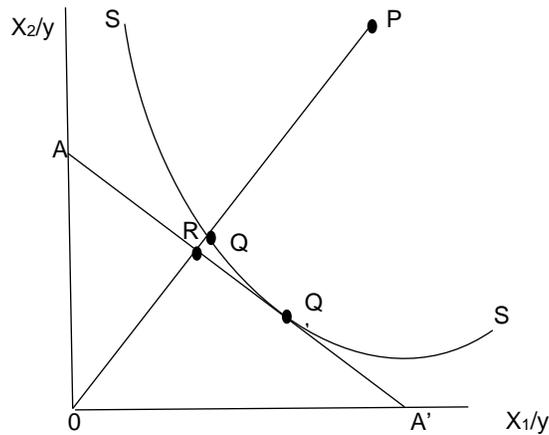
La virtud de la DEA es que se basa en datos y no requiere información previa ni suposiciones sobre la relación entre los insumos y los productos. También puede proporcionar valores de "holgura" o slacks para anticipar cómo se obtendría la eficiencia óptima modificando la combinación de inputs o outputs, por lo que la metodología DEA se ha utilizado ampliamente en la investigación de operaciones, gestión y administración con variantes que pueden modificarse para la entidad investigada (Seiford, 1996).

Para recordar los conceptos de eficiencia que hemos visto anteriormente, se resume en el siguiente párrafo:

- a. La eficacia técnica mide la capacidad de la DMU para producir al máximo nivel posible en determinadas condiciones de consumo de recursos o factores.
- b. La eficiencia asignativa: Demuestra la capacidad de la DMU para emplear los recursos o elementos en las mejores proporciones posibles de acuerdo a sus precios.
- c. Eficiencia de escala: Se manifiesta en el comportamiento de la DMU con respecto a los rendimientos de escala.
- d. Eficiencia global: Conseguir la máxima producción al precio más asequible.

Estos conceptos se muestran de manera gráfica en el siguiente apartado.

**Gráfico 2. Representación de la Eficiencia Técnica, Asignativa y Global**



Fuente: Farrell, 1957.

La eficiencia de los precios se representa mediante  $\frac{OR}{OQ}$  por otro lado, y la eficiencia técnica se describe mediante  $\frac{OQ}{OP}$ . Si la empresa observada es eficiente desde el punto de vista técnico y económico, entonces  $\frac{OR}{OP}$  sirve como representación de la eficiencia económica (o global) (Farrell, 1957).

Del mismo modo, Farrell (1957) nos brinda los valores para eficiencia técnica:

### **Eficiencia Técnica**

$QP =$  La medida en que los insumos pueden ser igualmente disminuidos sin afectar a la producción.

$\frac{QP}{OP} =$  la posible reducción del uso de insumos en porcentaje.

$ET_I = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \in [0, 1]$  determina el nivel de eficiencia técnica de la unidad observada.

Adicionalmente, nos proporciona los valores de eficiencia de precios y eficiencia total:

## Eficiencia Asignativa

$RQ$ = Muestra la relación de gastos de producción si se realiza en  $Q'$ .

$EA_I = \frac{OR}{OQ} \in [0,1]$  Evalúa el nivel de eficiencia de asignación de la unidad observada.

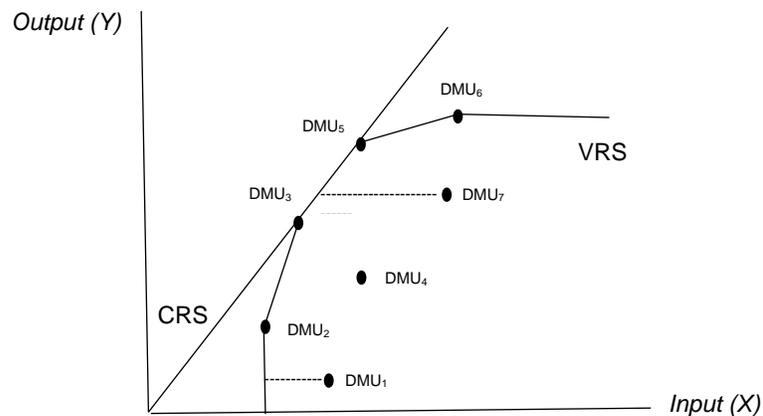
## Eficiencia Económica

$EE_I = ET_I \times EA_I \equiv \frac{OR}{OP} \in [0,1]$  Provee la medida de la eficiencia global (Farrell, 1957).

### 4.3 Frontera de Eficiencia en DEA: CRS y VRS

Determinar el conjunto de posibilidades de producción del problema, o establecer los puntos operativos potenciales, es un paso inicial crucial en la técnica DEA. Las tecnologías de rendimiento constante a escala (CRS) y de rendimiento variable a escala (VRS), que representan las fronteras de eficiencia, son las dos opciones más populares.

Gráfico 3. Fronteras de eficiencia basadas en modelos CCR y BCC



Fuente: Charnes *et al.* (1978) y Banker *et al.* (1984).

En el gráfico anterior se puede observar que en el *MPSS*<sup>8</sup>, es decir, la línea que va del punto  $DMU_3$  al  $DMU_5$ ; dado que ambas fronteras convergen en esa región, refleja la respuesta proporcionada por ambos modelos, que resulta ser la misma. En cualquier otra circunstancia, dado que las unidades en las que se basan las unidades analizadas proyectadas (DMU) son de menor productividad, la eficiencia estimada con el modelo BCC (eficiencia técnica) será siempre superior a la determinada con el modelo CCR (eficiencia global) (Schuschny, 2007).

Una clasificación de los modelos DEA puede ser la siguiente:

- a) Se ofrecen variantes radiales y no radiales de la medida de eficiencia.
- b) La orientación del modelo, ya sea hacia el input o hacia el output.
- c) La tipología de los rendimientos a escala de la función de producción, así como la interacción de estos elementos. Este último concepto se caracteriza por la presencia de rendimientos constantes o variables a escala (Rincón, Arango, & Torres, 2016).

Los rendimientos a escala, que se caracterizan por ser constantes, crecientes o decrecientes, muestran las ganancias de producción que se derivan de aumentar todas las variables de producción en el mismo porcentaje:

- Rendimientos constantes a escala: cuando el aumento porcentual de la producción es igual al aumento porcentual de los recursos productivos o insumos: longitud del muelle, grúas de pórtico y número de empleados, es decir, cuando los insumos y los productos están equilibrados.
- Rendimientos crecientes a escala se refiere al tipo de rendimientos a escala que se produce cuando el aumento del porcentaje de la producción supera el aumento del porcentaje del factor de entrada.

---

<sup>8</sup> *Most Productive Sample Size* de escala más productivo.

- Cuando el aumento porcentual de la producción es inferior al aumento porcentual de los insumos, se utiliza el término rendimientos decrecientes a escala (Coll y Blasco, 2006).

La eficiencia puede describirse en dos direcciones utilizando dos modelos, según el modelo propuesto en 1981 por Charnes, Cooper y Rhodes:

La orientación a los insumos describe cómo una unidad mejora su eficiencia en relación con la unidad de referencia utilizando menos recursos o insumos. Por otro lado, la orientación a la producción describe cómo una unidad aumenta el número de productos que genera para alcanzar la eficiencia de la unidad con la que se compara (Charnes et al., 1997).

Una vez establecidos los estándares, se afirma que una unidad o DMU sólo puede considerarse eficiente si es imposible aumentar la producción manteniendo constantes las cantidades de input, ni es posible disminuir las cantidades de input sin cambiar las cantidades de output obtenidas (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1981). (Coll & Blasco, 2006).

#### **4.4 Modelo CCR de Rendimientos Constantes a Escala (CRS)**

El modelo CCR, que fue presentado inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, se analiza en esta sección como uno de los modelos DEA más fundamentales. Los rendimientos constantes a escala (RCE), independientemente de su tamaño, son el término utilizado para describir cualquier unidad que se considere capaz de alcanzar la eficiencia en la producción. Dado que todas las DMU se utilizan como unidad de referencia para las más productivas, la eficiencia del cálculo en la investigación es, por tanto, mundial.

Es esencial comprender los postulados fundamentales del modelo CCR propuesto por Charnes et al. (1962). Este modelo comienza suponiendo que cada DMU<sub>j</sub> con  $j=1, 2, 3, \dots, n$  utiliza  $m$  insumos únicos para crear  $s$  productos, según el caso. Cada cantidad  $x_{ij}$  de insumo  $i$  que se consume da lugar a  $y_{rj}$  de producto  $r$ . El último punto que hay que señalar es que tanto los números de insumo como de producto deben ser positivos.

El modelo CCR, que permite abordar esta restricción mediante un problema de optimización de los pesos de cada salida  $u_r$  con  $r = 1, 2, 3, \dots, s$  entrada  $v_i$  con  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  correspondiente, simplificó esta cuestión al permitir la creación de una única salida y entrada.

$$\text{Output único} = \sum_r U_r Y_{r0}$$

$$\text{Input único} = \sum_i V_i X_{i0}$$

$$\max \theta (u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}}$$

$$u, v \geq \text{para todo } i \text{ y } r$$

$$\frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}} \leq 1$$

Fuente: Charnes et. al, 1994.

El objetivo de este modelo es encontrar las ponderaciones de entrada y salida que maximizan la relación de la DMU observada. Los pesos más eficientes para cada entrada o salida serán diferentes, y la frontera eficiente construida con esta herramienta comprende todas las DMU cuyo valor máximo de la función a optimizar es igual a 1. Este valor especifica el nivel de rendimiento de la unidad de decisión (Arechederra, 2018).

#### 4.4.1 Modelo CCR-INPUT

Las iniciales de los autores que idearon el acrónimo, Abraham Charnes, William W. Cooper y Edward Rhodes, se representan con la abreviatura CCR. En su versión envolvente, la ecuación de este modelo para la orientación de la entrada es:

$$\theta^* = \min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{St. } Y\lambda \geq Y_i$$

$$X\lambda \leq \theta X_i$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

$\theta$  = Medida de eficiencia

$\lambda$  = Vector de pesos o intensidades

$X$  = Matriz de *inputs*

$X_i$   $Y_i$  = Valores de *inputs* y *outputs* respectivamente

*min* = Minimizar

St. = Sujeto a

$Y$  = Matriz de *outputs*.

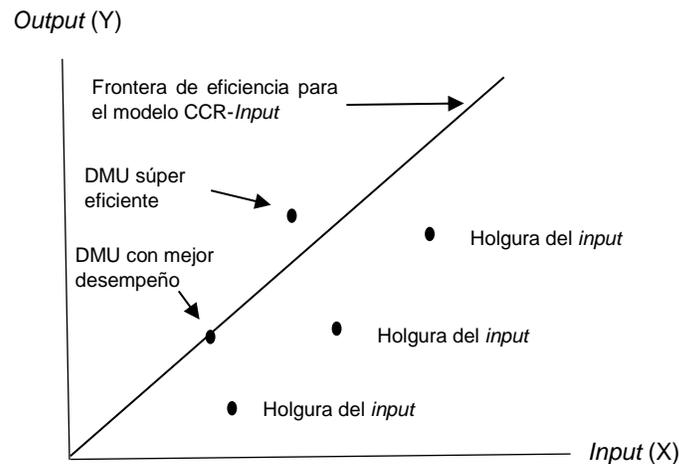
Fuente: Navarro & Delfín, 2018.

Como resultado, la unidad DMU en CCR es eficaz si la función objetivo del modelo tiene un valor ideal de 1. Si no es así, la unidad es ineficiente, por lo tanto, es menor que uno para las unidades ineficientes. Este valor muestra la necesidad de una reducción proporcional de insumos para unidad DMU para volverse eficiente. La ventaja del modelo DEA es que evalúa la unidad para definir cómo es que debe de corregir su comportamiento para alcanzar la eficiencia, y como están orientados a la entrada; se busca saber cómo mejorar las características de *input* de la unidad para que ésta sea eficiente (Vincová, 2005).

No es posible encontrar ninguna unidad o combinación lineal de unidades que obtenga al menos la producción de la unidad que utiliza menos factores, por otro lado, para cumplir con la condición de eficiencia de Pareto-Koopmans, más restrictiva que la anterior condición de eficiencia de Farrell,  $\Theta = 1$  indica que la unidad evaluada es eficiente, según la definición de Farrell (1957), en relación con las demás unidades (Coll & Blasco, 2006).

El gráfico que sigue ilustra la frontera de eficiencia para el modelo CCR con orientación de entrada:

**Gráfico 4. Frontera de eficiencia para el modelo CCR-Input**



Fuente: Leung et. al, 2016.

#### 4.4.2 Modelo CCR-OUTPUT

La forma básica del modelo de programación lineal CCR-Output para cada DMU es encontrar  $u_r$  con  $r=1, \dots, t$ ,  $v_i$ , y  $i=1, \dots, m$  de forma que:

Maximizar Z=

$$\sum_{r=1}^t u_r Y_{rj}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1; i=1, \dots, n$$

$$u_r \geq \varepsilon; v_i \geq \varepsilon; \varepsilon \approx 0$$

En dónde:

$X_{ij}$  = La i-ésima cantidad de entrada que entra en la j-ésima DMU

$v_i$  = El peso del i-ésimo insumo cuando entra en la j-ésima DMU

$Y_{rj}$  = R-ésima cantidad de producto que sale de la j-ésima DMU

$u_r$  = El peso del producto cuando sale de la j-ésima DMU

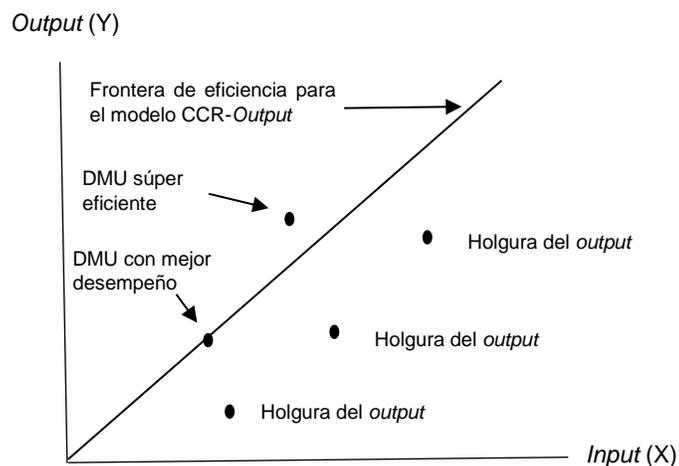
Parámetros conocidos:  $X_{ij}$  y las  $Y_{rj}$

DMU: Unidad de decisión

(Rincón, Arango & Torres, 2016)

Del mismo modo, se presenta el gráfico de la frontera de eficiencia, en esta ocasión para el modelo CCR-Output.

**Gráfico 5. Frontera de eficiencia para el modelo CCR-Output**



Fuente: Leung et. al, 2016.

## 4.5 Modelo BCC de Rendimientos Variables a Escala (VRS)

Los rendimientos variables a escala (VRS) se refieren a la idea de que algunas unidades más pequeñas que las eficientes pueden no ser capaces de producir tanto como estas últimas. En consecuencia, la investigación se llevará a cabo utilizando métodos tecnológicos eficaces (remitiendo cada DMU a la de mayor productividad entre las de su tamaño).

La premisa restrictiva del CCR se ve relajada por el uso del modelo BCC de rendimientos variables a escala, que permite describir la tecnología variable por el tipo de rendimientos a escala en un momento determinado (Chediak & Valencia, 2008).

### 4.5.1 Modelo BCC-INPUT

El modelo BCC, que son las siglas de Rajiv D. Banker, Abraham Charnes y William W. Cooper, se lanzó inicialmente en 1984 y se conoce por estas iniciales.

El modelo orientado a los insumos, conocido como modelo de rendimientos variables a escala (VRS), se configura de la siguiente manera en su forma envolvente:

$$\theta^* = \min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{St. } Y\lambda \geq Y_i$$

$$X\lambda \leq \theta X_i$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

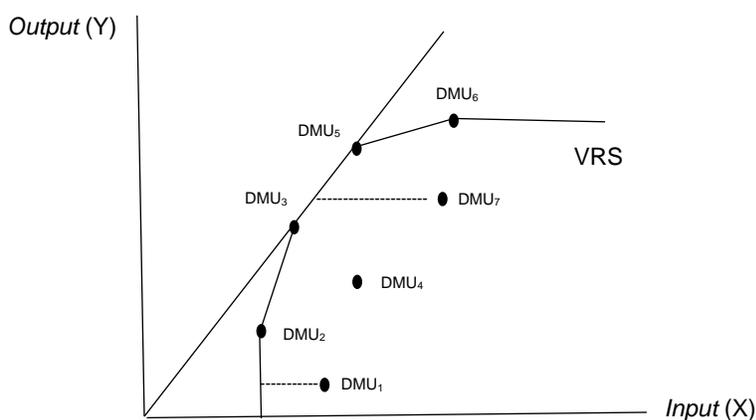
Fuente: Navarro & Delfín, 2018.

La DMU examinada en este escenario se considerará eficiente de acuerdo con la definición de Pareto-Koopmans, ya expuesta anteriormente, si y sólo si en la solución óptima  $\theta^* = 1$  y las variables de holgura son todas nulas, es decir,  $s^+ = 0$  y  $s^- = 0$ . (Coll & Blasco, 2006).

En contraste con los modelos DEA-CCR, que evalúan simultáneamente la eficiencia técnica y la escala y proporcionan una medida de eficiencia técnica global (insumos o productos), los modelos DEA-BCC producen medidas de eficiencia técnica puras, o medidas de eficiencia técnica "netas de cualquier efecto de escala" (Thanassoulis, 2001).

La frontera eficiente para el escenario de rendimientos variables a escala con orientación al input para una sola entrada y una salida se representa en el siguiente gráfico:

**Gráfico 6. Frontera eficiente para el modelo BCC-I para una entrada y una salida**



Fuente: Banker *et al.*, 1984.

#### 4.5.1 Modelo BCC- OUTPUT

Podemos crear una orientación de la producción, en función de las variables que hay que gestionar. En este caso, el objetivo es cuantificar la eficiencia teniendo en

cuenta la mayor producción que se puede alcanzar dado un número específico de insumos. La estrategia alternativa se conoce como orientada a los insumos o *input*, y mide la eficiencia centrándose en la menor cantidad de insumos que pueden combinarse para producir una determinada cantidad de producción (Carbone, Frutos y Casal, 2014).

Además de lo que se ha dicho aquí, el modelo BCC (1984) distingue entre ineficiencia técnica y de escala y por eso:

- a) Calcula la eficiencia técnica pura.
- b) Determina si hay rendimientos de escala crecientes, decrecientes o constantes con potencial de explotación adicional (Charnes et al., 1994).

Cabe mencionar que, en particular, una DMU se caracteriza por ser eficiente con una orientación *output* si y solo si se caracteriza como eficiente con una orientación de *input* aplicada a los mismos datos (Ídem, 1994).

La versión envolvente del modelo de salida DEA-BCC es proporcionada por:

$$\text{Maximizar } Z = \theta + \varepsilon (Is^+ + Is^-)$$

Sujeto a:

$$\lambda y = \theta y_0 + s^+$$

$$\lambda x = x_0 - s^-$$

$$1\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Fuente: Coll & Blasco, 2006.

La DMU considerada sólo se considerará eficiente si  $\theta = 1$  y todas las variables de holgura son nulas, como en el modelo CCR (Coll & Blasco, 2006).

El análisis se basará en un modelo BCC orientado a la producción, teniendo en cuenta los rendimientos variables a escala, para la medición de la eficiencia portuaria en la región de Asia-Pacífico, en el marco temporal especificado anteriormente, de acuerdo con lo que se ha explicado a lo largo de este capítulo sobre el modelo DEA y en consonancia con el objetivo de esta investigación.

## **4.6 Análisis Complementarios para el modelo DEA**

### **4.6.1 Análisis *Benchmarking***

El *benchmarking* es una herramienta práctica para mejorar el rendimiento al aprender de las mejores prácticas y comprender los procesos mediante los cuales se logran. La evaluación comparativa implica cuatro pasos básicos:

- Autoevaluarse para comprender los propios procesos y rendimiento en detalle.
- Análisis de los procesos y desempeño exitosos de otros.
- Comparar el propio desempeño de uno con el de otros que han sido analizados.
- Implementar los cambios necesarios para cerrar la brecha de desempeño (Antão, Guedes & Gerretsen, 2005).

Esta herramienta se puede aplicar a diversas áreas, que van desde la industria manufacturera hasta la administración de servicios públicos, a nivel individual, a nivel de departamento o empresa, así como a nivel de sector público o privado.

Para poder realizar un *benchmarking* comparable entre puertos y terminales, es necesario agruparlos para que existan comparaciones significativas para cierto estudio; es posible que un puerto o terminal podría caer en un grupo diferente para diferentes puntos de referencia (ídem, 2005)

El *benchmarking* ofrece dos interpretaciones diferentes dependiendo de si la unidad es eficiente o ineficiente. Para los puertos ineficientes, las evaluaciones comparativas proporcionan información sobre qué puerto (s) deben emular para ser eficientes. Por otro lado, los puntos de referencia para los puertos eficientes indican cuántos puertos ineficientes están utilizando la unidad de eficiencia particular como sus puntos *benchmarking* (Munisamy, Susila & Singh, 2011).

El *benchmarking* de la eficiencia es ventajoso para los operadores portuarios ya que les permite actuar con proactividad en las mejoras operativas, sobre la base de las respuestas y sugerencias de los cargadores (Wang *et al.*, 2005).

#### 4.6.2 Análisis de *Slacks*

El valor de la holgura (*slack*) en los outputs representa el nivel adicional de outputs necesario para transformar una DMU ineficiente en una DMU eficiente. El análisis de la holgura indica la dirección en la que habrá que mejorar los niveles de eficiencia de cada DMU; en consecuencia, el valor de la holgura en los outputs representa esta dirección. Del mismo modo, el valor de la holgura de los insumos refleja las reducciones de insumos necesarias para transformar una DMU en una eficiente (Navarro y Delfín, 2020).

La dirección en la que deben aumentar los niveles de eficiencia de las denominadas DMUs viene dada por el análisis de holgura de las variables en los modelos DEA. El nivel adicional de *outputs* necesario para transformar una DMU ineficiente en una DMU eficiente se representa mediante un valor de *slack* del *output*.

Del mismo modo, un valor de holgura de los *inputs*, tal y como lo describe Navarro (2005), refleja las reducciones necesarias de los insumos relevantes para transformar una DMU en una eficiente (Lo, *et al.* 2001).

Estas *slacks* identifican específicamente la cantidad que cada productor puede ahorrar en el uso de entradas en caso de eficiencia, mientras que para las salidas se definen con la cantidad que la producción podría aumentar en caso de eficiencia (Cordero, 2006).

Hay publicaciones en la literatura que se refieren a las ganancias potenciales en los outputs (*surplus*) y a las holguras en los inputs (*slacks*) utilizando diversa terminología (Fried et al, 1999 y 2002). Sin embargo, la palabra "*slack*" se utiliza con frecuencia para referirse a la falta de insumos y productos, que es el criterio que también se utilizó en este estudio (Idem, 2006).

## **CAPÍTULO V MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA PORTUARIA EN ASIA- PACÍFICO**

### **5.1 Introducción**

El enfoque de este capítulo es evaluar todos los componentes necesarios para la creación de un modelo de medición de la eficiencia del sector portuario, así como lo relacionado con el establecimiento de las variables, DMU's y su recolección de datos. El punto clave con este tipo de estudio, es obtener de manera precisa y detallada el nivel de eficiencia en el que se encuentran cada una de las DMU's y variables utilizadas, con el objetivo de responder nuestras hipótesis iniciales, las preguntas de investigación; lograr obtener resultados y conclusiones respecto a los objetivos anteriormente mencionados.

Los modelos para determinación de la eficiencia CRS o VRS, son modelos de evaluación de desempeño, de manera adicional, es posible utilizar otras técnicas complementarias para llegar a resultados altamente confiables que nos permitirá desarrollar la clasificación de cada DMU que se ha sometido a la presente investigación.

### **5.2 Metodología**

De acuerdo a Norman & Stoker, en su publicación de 1991, brindan un listado de pasos para el desarrollo de una correcta medición de la eficiencia; estos pasos se enumeran en seguida:

- 1) Identificación de los objetivos de las DMU's

En este paso, los autores recomiendan establecer el rol de las unidades analizadas para identificar los recursos en términos de capital, trabajo y capacitación de cada una de ellas.

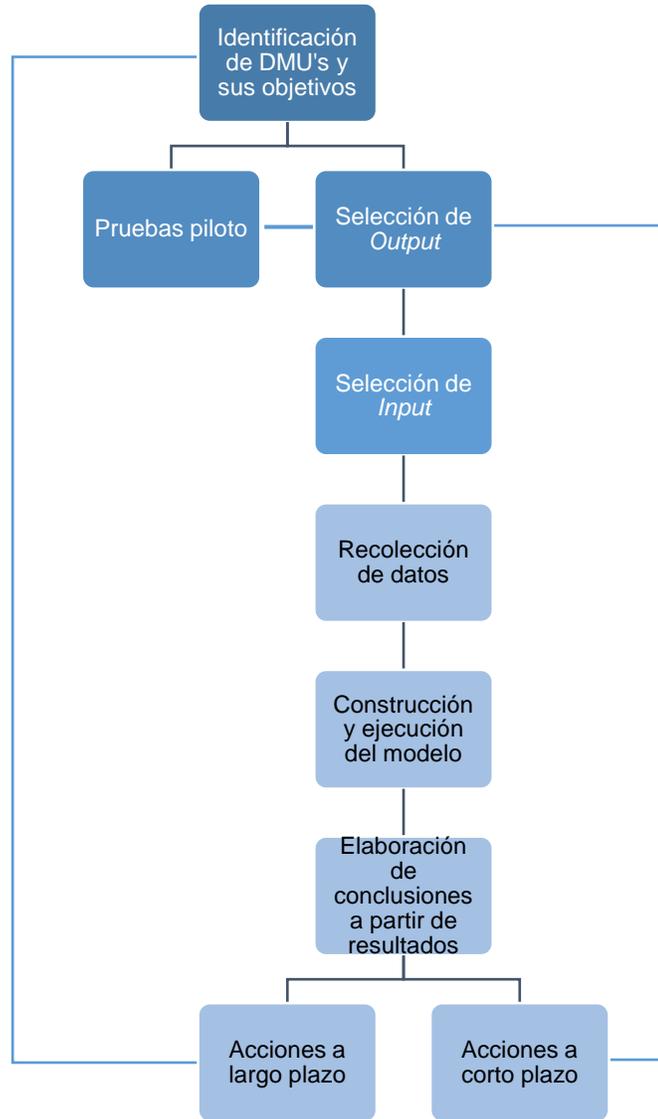
- 2) En el siguiente paso, Norman y Stoker (1991) sugieren realizar una prueba piloto, donde se tengan más unidades a analizar, debido a que si la muestra es pequeña, podría resultar en varias DMU's eficientes, lo cual dificultaría la ubicación de las áreas de mejora de nuestras unidades analizadas.

Para definir el número de unidades idóneas a analizar, se sigue la siguiente regla:  $Inputs + Outputs \leq 0.3$  DMU's, por otra parte, Dyson et al. (2001) sugieren que el número adecuado de DMU debe ser al menos dos veces el producto del número de entradas y el número de salidas. Se sugiere que el número mínimo de DMU debe ser al menos igual a tres veces la suma de los factores (Charnes & Cooper, 1991).

- 3) En el tercer paso, se toma a consideración el objetivo que se tiene al seleccionar el *output*, es decir, que el *output* nos brinde los resultados en términos de la variable elegida.
- 4) El cuarto paso, es la elección de *inputs*, en donde se recomienda hacer un listado de características de infraestructura, trabajo, conocimiento y demás variables que incidan en el proceso de obtención del *output*, y de esta manera ir discriminando aquellos factores que sean triviales o irrelevantes a la investigación.
- 5) Como quinto paso, se tiene la recopilación de datos, si la información no está disponible o es de gran dificultad obtenerla. Las sugerencias son las siguientes: 1) reducción de variables; 2) uso de recolección de datos previamente realizados en otros estudios y 3) realizar el punto 1 y 2 de manera simultánea (Norman & Stoker, 1991).

El flujo del proceso de evaluación de la eficiencia se representa en la siguiente imagen, que incluye las fases indicadas anteriormente:

Figura 5. Proceso para la medición de la eficiencia



Fuente: Norman & Stoker, 1991.

### 5.3 Revisión de literatura y selección de variables

Para los estudios de esta naturaleza, se deben utilizar múltiples tecnologías de evaluación y análisis para obtener indicadores de desempeño portuario, aunque existen muchas herramientas e instrumentos de análisis, aún surgen problemas cuando se aplican a una serie de puertos, debido a que son muy diferentes entre sí, incluso dentro de un puerto, las actividades pueden ser muy amplias, por lo que es difícil elegir una herramienta de análisis adecuada, aunque de esto dependa un elemento vital en la gestión del sector portuario (Talley, 1994; Tongzon, 2001; Cho, Kim, & Hyun, 2010; Desplebin *et al.*, 2017).

Iniciados en la década de 1960, los estudios sobre la eficiencia portuaria se centraron inicialmente en cuestiones como el precio de las instalaciones, la capacidad y las políticas de inversión (Goss, 1967; Heggie, 1974). Sin embargo, a medida que las infraestructuras portuarias adquirían mayor importancia para la economía, se produjo rápidamente una nueva oleada de estudios sobre el impacto económico, que valoraban los servicios portuarios en función del número de puestos de trabajo que creaban o de la cantidad de dinero que ahorraban (Waters, 1977; Chang, 1978) citados en (González y Trujillo 2009).

El aumento de la productividad portuaria, la reducción de los costes logísticos y una mayor conexión intrarregional son resultados potenciales del examen de la eficiencia portuaria, que también ha mostrado áreas de mejora en las infraestructuras (Serebrisky *et al.*, 2016).

Existe una amplia variedad de estudios relacionados con el modelo DEA; en la siguiente tabla se pueden observar algunos de los estudios más actuales respecto a la eficiencia de los puertos y su elección de variables:

**Tabla 8. Revisión literaria: Relación de variables seleccionadas en la medición de eficiencia portuaria**

#	AUTOR	AÑO Y ESTUDIO	ZONA	METODOLOGÍA	VARIABLES UTILIZADAS
1	Rødseth, Kenneth & Wangsnes, Paal & Schøyen, Halvor & Førsvund, Finn.	Port efficiency and emissions from ships at berth: application to the Norwegian port sector. (2020).	Principales terminales portuarias de Noruega	DEA Modelos: VRS y CRS	<i>Inputs:</i> 1 Área del puerto 2 Longitud total del muelle  <i>Outputs:</i> 1 Granel seco 2 Granel líquido 3 Movimiento de TEU's 4 Carga general
2	Kalgora, Bomboma & Goli, Sidoine & Damigou, Bomboma & Abdoukarim, Hamadou & Amponse, Kwame.	Measuring West-Africa Ports Efficiency Using Data Envelopment Analysis. (2019).	Puertos de África Occidental	DEA Modelos: VRS, CRS y Windows I-C	<i>Inputs:</i> 1 Longitud del muelle 2 Área de la terminal 3 Número de grúas de muelle 4 Número de grúas pórtico 5 Número de estibadores  <i>Output:</i> Movimiento de contenedores
3	Navarro Chávez J.C.L. & Delfín Ortega O. V.	La Eficiencia Económica en los Puertos Del APEC: Un Estudio a través del Análisis De La Envolverte De Datos Con <i>Bootstrap</i> . (2018).	Puertos APEC	DEA VRS y <i>Bootstrap</i>	<i>Inputs:</i> 1 Longitud del muelle 2 Superficie 3 Grúas  <i>Output:</i> Número de TEU's movilizados anualmente

4	Cabral A. & Ramos, F.	Efficiency Container Ports in Brazil: A DEA and FDH approach. (2018).	Puertos de Brasil	DEA Modelos: VRS y CRS y FDH	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Profundidad de amarre 2 Longitud de amarre 3 Número de amarres</p> <p><i>Outputs:</i></p> <p>1 Número de contenedores movilizados 2 Número de contenedores manipulados por hora de amarre 3 Tasa de rendimiento de contenedor</p>
5	Chang, V.	Essays on Efficiency and Productivity in Port Terminals: A Frontier Analysis approach the determinants of Efficiency for the West Coast of South Pacific Terminals a second stage DEA approach in a Metafrontier framework. (2017).	Puertos de Perú y Chile	DEA por dos etapas y SFA con metafrontera	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Activos fijos totales 2 Número de trabajadores</p> <p><i>Output:</i></p> <p>1 Contenedores movilizados 2 Fletes 3 Carga general</p>

6	Delfín Ortega O. V. & Navarro Chávez J. C. L.	Eficiencia económica en los Puertos de México, 2000-2010. (2016).	Puertos de México	Cinco modelos DEA con Bootstrap: Eficiencia Técnica Global, Eficiencia Técnica Pura, Eficiencia de Escala, Eficiencia Asignativa y Eficiencia Económica.	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Superficie 2 Número de empleados 3 Número de grúas</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Número de TEU's movilizados anualmente</p>
7	Warninda, T.	Efficiency - Profitability Mapping of Shipping and Marine Transportation Companies: Evidence from Indonesia. (2015).	Empresas de transporte marítimo indonesias	DEA CRS con Eficiencia Técnica Global, Eficiencia Técnica Pura, Eficiencia de Escala,	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Activos fijos totales 2 Costos operativos 3 Número de empleados</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Ganancia operativa</p>
8	Delfín Ortega O. V. & Navarro Chávez J.C.L., González García J.	Total factor productivity in container terminals at ports of Mexico: A measurement through the Malmquist index. (2015).	Puertos de México	DEA Modelos: CRS y VRS e Índice de Malmquist	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Longitud de muelle 2 Trabajadores</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Número de TEU's movilizados anualmente</p>
9	Domagata J. & Górecka, A.	Seaport efficiency and productivity based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index. (2015).	Puertos asiáticos, europeos y de Norteamérica	DEA Modelos: CRS y VRS e Índice de Malmquist	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Número total de atraques 2 Área de la terminal 3 Capacidad de almacenamiento en TEU's 4 Longitud de muelle</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Número de TEU's</p>

					movilizados anualmente
10	Vandyck, George.	Assessment of Port Efficiency in West Africa Using Data Envelopment Analysis. (2015).	Puertos de África Occidental	DEA Modelos: VRS y CRS	<i>Inputs:</i> 1 Longitud de muelle 2 Área de la terminal 3 Grúas muelle 4 Grúas pórtico 5 Estibadores  <i>Output:</i> Número de TEU's movilizados anualmente
11	Munisamy, S. & Wong, D. Ranking	Efficiency of Asian Container Ports: A Bootstrap Frontier Approach. (2013).	Puertos de Asia	DEA VRS, FDH y <i>Bootstrap</i>	<i>Inputs:</i> 1 Longitud de atraque 2 Superficie de la terminal 3 Puntos de referencia 4 Número de grúas de muelle  <i>Output:</i> Número de TEU's movilizados anualmente
12	Mokhtar, K. & Shah, M.	Malmquist Productivity Index for Container Terminal. European Journal of Business and Management. (2013).	Puertos contenedores de Malasia	DEA VRS e Índice de Malmquist	<i>Inputs:</i> 1 Área terminal 2 Calado máximo en metros 3 Longitud de atracadero 4 Índice de grúa 5 Índice de apilamiento en el patio 6 Vehículos 7 Número de carriles de la puerta  <i>Output:</i> Número de TEU's

					movilizados anualmente
13	Polyzos, S. & Niavis, S.	Evaluating port efficiency in the Mediterranean. (2013).	Puertos del Mediterráneo	DEA CRS y <i>Bootstrap</i>	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Longitud de muelle 2 Número de grúas de barco a tierra</p> <p><i>Output:</i> Número de TEU's movilizados anualmente</p>
14	Wu, H., Wu, J. & Li, Yongjun.	Efficiency assessment of Chinese logistics firms using DEA. (2012).	Empresas de logística marítima de China	DEA Modelos: VRS, CRS, NIRS y SUP	<p><i>Input:</i></p> <p>1 Activo circulante 2 Activos fijos 3 Activos fijos netos 4 Cuentas por cobrar 5 Sueldo de los empleados 6 Gastos operativos 7 Propiedad y equipo 8 Pasivo corriente</p> <p><i>Outputs:</i> 1 Ingresos operativos 2 Ingresos 3 Retorno sobre el capital</p>

15	Rajasekar, T.	The Size Effect of Indian Major Ports on its Efficiency Using DEA-Additive Models. (2012).	Puertos de la India	DEA aditivo en CRS y VRS	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Número de atraques 2 Longitud de muelle 3 Número de equipos 4 Número de empleados</p> <p><i>Outputs:</i></p> <p>1 Número de TEU's movilizados anualmente 2 Carga total maniobrada</p>
16	Munisamy, Susila & Singh, Gurcharan.	<i>Benchmarking</i> the efficiency of Asian container ports. (2011).	Principales puertos asiáticos	DEA Modelos: VRS y CRS	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Longitud de atraque 2 Superficie de la terminal 3 Número de grúas de muelle 4 Número total de equipo de patio</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Número de TEU's movilizados anualmente</p>
17	González, M. M., & Trujillo, L.	Efficiency Measurement in the Port Industry: A Survey of the Empirical Evidence. (2009).	Puertos de España	DEA Modelos: VRS y CRS	<p><i>Inputs:</i></p> <p>1 Superficie 2 Trabajadores</p> <p><i>Output:</i></p> <p>Número de TEU's movilizados anualmente</p>

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión literaria.

El movimiento de contenedores (TEU's) es el indicador más importante y ampliamente aceptado como *output* del puerto o terminal. Casi todos los estudios anteriores lo tratan como una variable de salida porque se relaciona estrechamente con la necesidad de instalaciones y servicios relacionados con la carga y es la base principal sobre la que se comparan los puertos de contenedores, especialmente al evaluar su tamaño relativo, magnitud de inversión o niveles de actividad. Otra consideración es que la producción de contenedores es el indicador más apropiado y analíticamente manejable de la efectividad de la producción de un puerto (Cullinane & Wang, 2007).

Una vez identificadas las variables más utilizadas de acuerdo a la revisión literaria, así como los datos disponibles para el periodo de tiempo elegido; se establece que el estudio se llevará a cabo con las siguientes variables como *inputs*: longitud de muelle, grúas pórtico y número de empleados; como *outputs* se utilizará el número de TEU's movilizados anualmente y en segundo término las toneladas movilizadas anualmente.

#### **5.4 Elección de DMU's o espacio muestral**

Además de la elección de variables para la investigación, otra parte importante es la definición de las DMU's a analizar, el modelo DEA no solo es bueno para comparar varias DMU's, sino que también se puede utilizar para identificar un curso de acción para mejorar el rendimiento de las DMU ineficientes, es decir, la reducción en los niveles de entrada o aumentos en los niveles de producción necesarios para la eficiencia (Melao, 2005).

El establecimiento de las unidades de decisión que forman parte de la muestra y que se utilizarán como referencia para describir las características de comportamiento de los puertos ubicados en Asia- Pacífico, deberán guiarse por una serie de consideraciones, entre las que se encuentran la uniformidad de las

observaciones (homogeneidad de los datos, la cantidad de unidades que se incluirán sus aspectos geográficos y temporales (Wang, Song & Cullinane, 2002).

Si bien Asia sigue siendo el líder a nivel mundial en el movimiento de carga contenerizada, aún hay puertos que no han sido estudiados en comparación con una gran muestra geográfica como lo es Asia- Pacífico, entre ellos se encuentra Bangladesh, India y Sri Lanka, que en su conjunto superan los 7.5 millones de TEU's movilizados en 2019.

Según Cooper, Seiford & Tone (2007) la elección de DMU's se eligen de acuerdo a estos puntos:

1. Los datos numéricos están disponibles para cada entrada y salida, y se asume que los datos son positivos para todas las DMU's.
2. Los elementos (entradas, salidas y elección de DMU) deben reflejar el interés de sector de los cuales los componentes entrarán en las evaluaciones de eficiencia relativa de las DMU.
3. En principio, son preferibles cantidades de entradas más pequeñas y cantidades de salida más grandes, por lo que las puntuaciones de eficiencia deben reflejar estos principios.
4. No es necesario que las unidades de medida de las diferentes entradas y salidas sean congruentes. Algunos pueden involucrar cantidad de personas, áreas de espacio, dinero gastado, entre otros.

Por lo tanto, se determinó realizar un estudio de los principales puertos ubicados en la cuenca de Asia-Pacífico por su similitud en características; su ritmo comercial, que depende fundamentalmente del uso eficiente de mano de obra, tierra y equipo, de acuerdo a la metodología DEA.

Cabe mencionar que para la principal razón de esta selección de DMU's, se debe en gran parte a la disponibilidad de datos que se tiene. En el apartado siguiente se muestra el listado de los puertos que se considerarán para esta investigación de acuerdo a los datos encontrados.

**Tabla 9. Puertos Asia- Pacífico, DMU's analizados mediante DEA**

<b>#</b>	<b>Economía</b>	<b>Puertos de estudio</b>
1	Australia	Melbourne
		Fremantle
		Brisbane
		Sídney
2	Bangladesh	Chittagong
		Mongla
3	Canadá	Vancouver
		Prince Rupert
4	Chile	San Antonio
		Valparaíso
		Iquique
5	China	Shanghái
		Shenzhen
		Tianjin
		Qingdao
6	Colombia	Buenaventura
		Cartagena
7	Estados Unidos	Alianza Seattle y Tacoma
		Long Beach
		Los Angeles
		Oakland
8	Filipinas	Manila
9	India	Syama Prasad Mookerjee
		Chennai
		Jawaharlal Nehru

10	Indonesia	Tanjung Priok
		Tanjung Perak
11	Japón	Yokohama
12	Malasia	Klang
		Tanjung Pelepas
		Penang
13	México	Manzanillo
		Lázaro Cárdenas
		Ensenada
14	Nueva Zelanda	Auckland
		Tauranga
		Napier
15	Perú	Callao
		Paita
16	Singapur	Singapur
17	Sri Lanka	Colombo

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a datos disponibles.

Como se puede observar, el estudio contempla 17 economías, las cuales tienen como resultado 41 DMU's de puertos de Asia- Pacífico a analizar.

Respecto a la determinación del número apropiado de DMU's a analizar, y siguiendo las recomendaciones de Banker *et al.* (1984) y Norman & Stoker (1991) donde sugieren 13 y 20 observaciones respectivamente; y en otros casos 10 según otros autores; entonces, todos los criterios están siendo cumplidos ya que se excede de manera positiva el número de observaciones necesarias para el periodo 2010- 2019.

### **5.5 Selección y recolección de *inputs* y *outputs***

Conforme a lo expuesto por Cullinane & Wang (2007), la producción portuaria de contenedores depende fundamentalmente del uso eficiente de la mano de obra, la tierra y el equipo. Por tanto, la longitud total del muelle, el área terminal, el número de grúas de muelle, el número de grúas pórtico de patio y el número de carretillas

pórtico constituyen elementos muy adecuados para ser incorporados a los modelos como variables de entrada.

Un problema común en los estudios empíricos de contenedores para medir el desempeño de eficiencia portuaria es encontrar una aproximación que refleje de manera adecuada la mano de obra o el número de trabajadores. De acuerdo con Notteboom *et al.* (2000), se demuestra que existe una relación estable entre número de grúas pórtico con el número de trabajadores portuarios.

Por otro lado, Munisamy, Susila & Singh (2011) enlistan cuatro entradas que abarcan la longitud de muelle, el área total de la terminal, puntos frigoríficos totales y grúas de muelle totales para reflejar los insumos de capital en la industria; del mismo modo, estos autores utilizan como salida el movimiento total de contenedores.

Otros autores que utilizan los TEU's como *output* son: Rødseth *et. al* (2020), Kalgora *et. al* (2019), Navarro & Delfín (2018), Cabral & Ramos (2018), Chang (2017), Warninda (2015), Domagata & Górecka (2015), Vandyck (2015), Mokhtar & Shah (2013), Polyzos & Niavis (2013), Rajasekar (2012) y González & Trujillo (2009).

Del mismo modo, estos autores analizan las toneladas movilizadas o carga general como *output* en sus estudios de eficiencia: Rødseth *et. al* (2020), Chang (2017) y Rajasekar (2012).

Es por dicha revisión literaria y a la bibliografía consultada que se eligen los siguientes *inputs* y *outputs* para el desarrollo de este trabajo:

**Tabla 10. Selección de *inputs* y *output***

<b>Variable</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	<b><i>Input</i></b>	<b><i>Output</i></b>
Eficiencia portuaria de Asia- Pacífico para 2010-2019		✓ Contenedores movilizados anualmente (TEU's) ✓ Toneladas movilizadas anualmente
Mano de obra	Número de trabajadores	
Infraestructura	Longitud de muelle	
Capital	Grúas pórtico	

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a revisión bibliográfica.

## CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS DEA

En este capítulo se establece el nivel de eficiencia de los 41 puertos que integran este estudio, utilizando el modelo DEA con orientación al *output* donde se calcula la eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala. Este análisis nos permite conocer el grado de eficiencia de los puertos contemplados en el periodo de 2010 a 2019, así como su evolución en cada año.

La región Asia- Pacífico es la zona global que constituyen las economías líderes y dinámicas en el ámbito internacional en el sector industrial, comercial y de tecnologías, este bloque regional representa una oportunidad de crecimiento para aquellas economías emergentes o en desarrollo como lo es México, Bangladesh, Sri Lanka, India y otras más para alcanzar el un crecimiento económico competitivo, y estabilidad comercial a largo plazo.

### 6.1 Resultados de eficiencia global de los puertos de Asia-Pacífico para 2010-2019

Como ya se ha comentado anteriormente, la metodología DEA permite estimar cuales son las DMU's que se encuentran en la frontera eficiente y cómo se comportan aquellas que no lo están. La frontera de producción representa la máxima productividad que se puede alcanzar dada una combinación de factores (Kumbhakar & Lovell, 2000).

Los resultados obtenidos mediante la metodología DEA para los puertos estudiados respecto a la región de Asia-Pacífico; utilizando las variables establecidas en esta investigación para el periodo de 2010-2019 se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Resultados globales de Eficiencia de puertos de Asia-Pacífico para 2010-2019**

<b>DMU</b>	<b>Eficiencia Técnica Global</b>	<b>Eficiencia Técnica Pura</b>	<b>Eficiencia de Escala</b>
Alianza Seattle y Tacoma	0.401335478	0.413012845	0.971712779
Auckland	0.335549541	0.38521466	0.871199496
Brisbane	0.389346452	0.413298057	0.951737713
Buenaventura	0.199097088	0.206745769	0.962575529
Callao	0.731864596	0.802669585	0.914166336
Cartagena	0.553688996	0.623692411	0.901664207
Chennai	0.712496861	0.778070139	0.905225109
Chittagong	0.961274002	1	0.961274002
Colombo	0.302357168	0.33307912	0.895706799
Ensenada	0.094953258	0.114353168	0.8370473
Fremantle	0.849083121	0.955427439	0.886705913
Iquique	0.279639911	0.730108442	0.503161128
Jawaharlal Nehru	0.498652026	0.509689537	0.978214681
Klang	0.696571019	0.701318474	0.992694195
Lázaro Cárdenas	0.061792701	0.076352602	0.824172811
Long Beach	0.671683663	0.681472306	0.985449248
Los Ángeles	0.632465964	0.643949714	0.982038205
Manila	0.549034473	0.555540607	0.988959199
Manzanillo	0.433538436	0.457373813	0.951728402
Melbourne	0.987586165	0.989062573	0.99834228
Mongla	0.277417297	0.434782483	0.736563987
Napier	0.170472877	0.215938489	0.792130146
Oakland	0.317067148	0.328559551	0.965260048
Paita	0.40935475	1	0.40935475
Penang	0.724453317	0.994450065	0.728469503
Prince Rupert	0.443136862	0.772833864	0.600732537
Qingdao	1	1	1
San Antonio	0.225448151	0.235473982	0.956924755
Shanghái	0.751292507	1	0.751292507
Shenzhen	0.992392476	0.999278194	0.993064219
Sídney	0.546931303	0.588620902	0.929977439
Singapur	1	1	1
Syama Prasad Mookerjee	0.306369259	0.449710021	0.766597519
Tanjung Pelepas	0.346559401	0.439142428	0.787065612
Tanjung Perak	0.240419281	0.243514295	0.984992543
Tanjung Priok	0.998781264	1	0.998781264
Tauranga	0.508466004	0.597320935	0.865048171
Tianjin	1	1	1
Valparaíso	0.349957335	0.419744403	0.841531676
Vancouver	1	1	1
Yokohama	0.320980006	0.349420619	0.940091361
<b>Promedio</b>	<b>0.543207565</b>	<b>0.620468817</b>	<b>0.885650082</b>

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología DEA.

Los puertos de Qingdao, Singapur, Tianjin y Vancouver fueron los únicos que fueron eficientes en las 3 modalidades de eficiencias - Eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala-, en el periodo analizado. En contraste, los puertos con menor eficiencia fueron el de Napier, Ensenada y Lázaro Cárdenas, éste último puerto mexicano ocupando la última posición con un 0.06 lo cual nos indica un desempeño muy pobre en cuanto a puertos nacionales comparado con otras DMU's.

Respecto a la eficiencia técnica pura, la cual indica si se están utilizando de manera óptima los insumos en función de los TEU's movilizados anualmente, podemos destacar como eficientes a los puertos de Chittagong, Paita, Qingdao, Shanghai, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver.

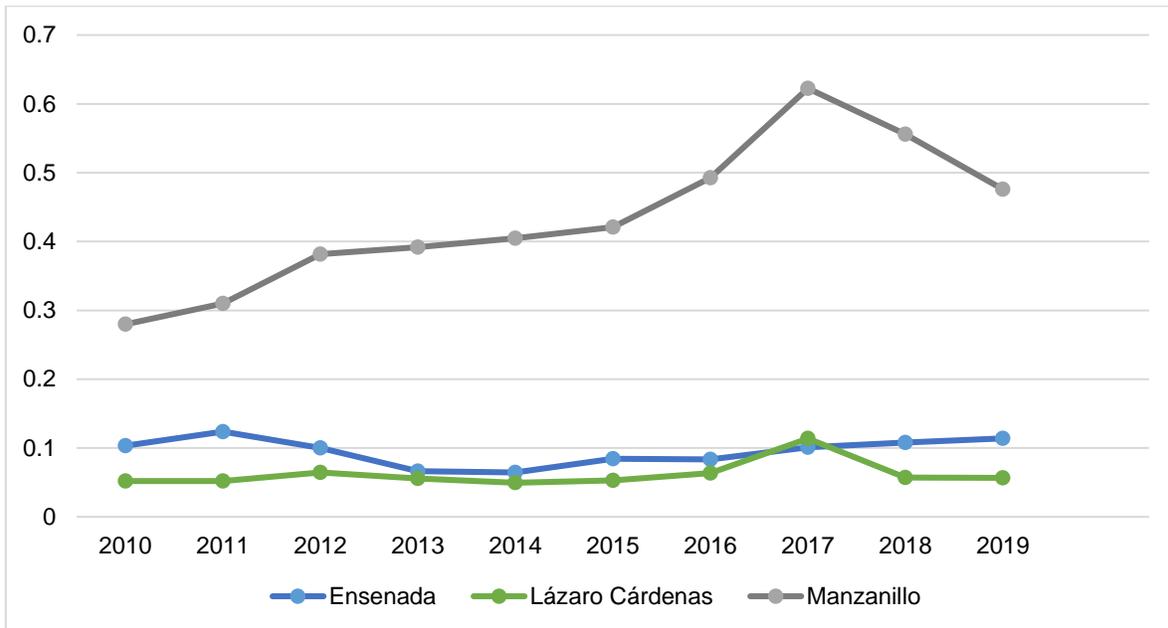
Del mismo modo que con la eficiencia técnica global, seguimos encontrando puertos mexicanos en los últimos lugares: Lázaro Cárdenas y Ensenada con el último y penúltimo lugar respectivamente y Buenaventura, Colombia en el antepenúltimo sitio.

Para la siguiente columna eficiencia de escala; la cual determina si un puerto está trabajando en escala óptima encontramos los siguientes puertos eficientes: Qingdao, Singapur, Tianjin y Vancouver mismos puertos que cuentan con eficiencia global, por otro lado, encontramos a los puertos de Prince Rupert, Iquique, y Paita siendo este el último lugar con un valor de 0.41.

Es importante recalcar que los puertos que alcanzaron la eficiencia en sus tres vertientes se encuentran, en su mayoría, en el continente asiático, exceptuando el puerto de Vancouver en América del Norte.

A manera visual se agrega el siguiente gráfico donde se puede ver el comportamiento de los puertos mexicanos respecto a sus tres eficiencias para el análisis en el periodo 2010-2019:

**Gráfico 7. Eficiencia Técnica Global de los mexicanos de 2010 a 2019**



Fuente: Elaboración propia con base a la metodología DEA.

Los promedios globales para los 41 puertos estudiados fueron de 0.54 en su eficiencia global, 0.62 en su eficiencia técnica pura y 0.89 en su eficiencia de escala.

Estos resultados fueron realizados a manera global, calculando la eficiencia año por año y promediando los valores; sin embargo, en los apartados siguientes describiremos de manera anual el comportamiento portuario de los DMU's estudiados a lo largo de diez años.

### 6.1.1 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2010

En el año 2010, los puertos de Chittagong, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver alcanzaron eficiencia global, pura y de escala; estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes por igual; los puertos de Paíta, Penang y Shanghai son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Por otro lado, los puertos con menor nivel de eficiencia global fueron: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la

peor calificación, obteniendo un valor de 0.052. Para información más detallada del año 2010, consultar el anexo 2 de este documento.

#### **6.1.2 Resultados DEA eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2011**

Para el año 2011, el panorama fue similar al año anterior, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver, del mismo modo que en 2010 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; los puertos de Chittagong, Fremantle, Paita, Penang y Shanghái son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Por otro lado, los puertos con menor nivel de eficiencia global, al igual que el año anterior: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la peor calificación, obteniendo un valor de 0.05 en este año. Para información más detallada del año 2011, consultar el anexo 3 de este documento.

#### **6.1.3 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2012**

En 2012, el comportamiento de los puertos fue igual al año anterior, aquellos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver, del mismo modo que en 2011 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; los puertos de Chittagong, Fremantle, Paita, Penang y Shanghái son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. En contraste, los puertos con menor nivel de eficiencia global, al igual que el año anterior: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la peor calificación, obteniendo un valor de 0.065 en este año. Para información más detallada del año 2012, consultar el anexo 4 de este documento.

#### **6.1.4 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2013**

Para el año 2013, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin, Vancouver y añadiéndose por primera vez, Chittagong; del mismo modo que en 2012 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a diferencia del año anterior, el puerto de Callao también alcanzó la eficiencia técnica pura, así como los puertos de Fremantle, Paita, Penang y Shanghái que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Por otro lado, los puertos con menor nivel de eficiencia global, al igual que el año anterior: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la peor calificación por tercera ocasión, obteniendo un valor de 0.055735 en este año. Para información más detallada del año 2013, consultar el anexo 5 de este documento.

#### **6.1.5 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2014**

En el año 2014, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chittagong, Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver del mismo modo que en 2013 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a diferencia del año anterior, el puerto de Iquique también alcanzó la eficiencia técnica pura, así como los puertos de Callao, Fremantle, Paita, Penang y Shanghái que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. De otra manera, los puertos con menor nivel de eficiencia global, al igual que en años anteriores: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la peor calificación de nueva cuenta, obteniendo un valor de 0.50 en este año. Para información más detallada del año 2014, consultar el anexo 6 de este documento.

#### **6.1.6 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2015**

En el año 2015, el comportamiento fue similar al año anterior, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chittagong, Melbourne,

Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver, del mismo modo que en 2014 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a diferencia del año anterior, el puerto de Prince Rupert también alcanzó la eficiencia técnica pura, así como los puertos de Iquique, Callao, Fremantle, Paita, Penang y Shanghai que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Los puertos con menor nivel de eficiencia global, al igual que en años anteriores: Buenaventura, Ensenada, Mongla, Napier y Lázaro Cárdenas con la peor calificación por quinta ocasión, obteniendo un valor de 0.053 en este año. Para información más detallada del año 2015, consultar el anexo 7 de este documento.

#### **6.1.7 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2016**

Para el año 2016, los resultados fueron similares al a 2015, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chittagong, Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tianjin y Vancouver, el puerto de Tanjung Priok no alcanzó la eficiencia global este año; del mismo modo que en 2015 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a pesar de que el puerto de Tanjung Priok no alcanzó la eficiencia global, éste si alcanzó la eficiencia técnica pura, así como los puertos de Iquique, Callao, Fremantle, Paita, Penang y Shanghai que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Al contrario, los puertos con menor nivel de eficiencia global son: Buenaventura Ensenada, Napier, San Antonio y Lázaro Cárdenas, el cual, obtuvo el valor más bajo del año 0.064. Para información más detallada del año 2016, consultar el anexo 8 de este documento.

#### **6.1.8 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2017**

En 2017, el comportamiento de la eficiencia tuvo cambios significativos al año precedente, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chittagong, Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tianjin y Vancouver, en este año se añadieron los puertos de Chennai, Klang y Tanjung Priok; del mismo modo que en 2016 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a pesar

de que los siguientes puertos no alcanzaron la eficiencia global, si alcanzaron la eficiencia técnica pura: Fremantle, Iquique, Mongla, Paita, Prince Rupert y Shanghai que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Los puertos con menor nivel de eficiencia global son: Lázaro Cárdenas, Napier, San Antonio, Tanjung Perak y Ensenada, que en esta ocasión fue el puerto que obtuvo el valor más bajo con del año con 0.10. Para información más detallada del año 2017, consultar el anexo 9 de este documento.

#### **6.1.9 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2018**

En el año 2018, los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chennai, Melbourne, Qingdao, Shenzhen, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver, del mismo modo que en 2017 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a pesar de que los siguientes puertos no alcanzaron la eficiencia global, si alcanzaron la eficiencia técnica pura: Chittagong, Iquique, Melbourne, Mongla, Paita, Penang, Qingdao y Shanghai que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. Por otro lado, los puertos con menor nivel de eficiencia global son: Ensenada, Napier, Tanjung Perak, Yokohama y Lázaro Cárdenas que en esta ocasión fue el puerto que obtuvo el valor más bajo con del año con 0.057. Para información más detallada del año 2018, consultar el anexo 10 de este documento.

#### **6.1.10 Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2019**

Finalmente, en el año 2019, el comportamiento de la eficiencia de los puertos fue similar al año 2018; los puertos que alcanzaron eficiencia global, pura y de escala en este año: Chennai, Melbourne, Qingdao, Chittagong, Singapur, Tanjung Priok, Tianjin y Vancouver, del mismo modo que en 2018 estos puertos trabajaron sobre rendimientos constantes; a pesar de que los siguientes puertos no alcanzaron la eficiencia global, si alcanzaron la eficiencia técnica pura: Iquique, Mongla, Paita, Penang y Shanghai que son puertos adicionales a los anteriores que lograron alcanzar la eficiencia técnica pura. En contraste encontramos que, los puertos con

menor nivel de eficiencia global son: Ensenada, Napier, Tanjung Perak, San Antonio y Lázaro Cárdenas que en esta ocasión fue el puerto que obtuvo el valor más bajo con del año con 0.057. Para información más detallada del año 2019, consultar el anexo 11 de este documento.

## 6.2 Análisis *Benchmarking* con rendimientos variables a escala puertos Asia-Pacífico 2019

Como ya se revisó anteriormente, el análisis *benchmarking* es aquel que nos permite identificar aquellos puertos que son considerados como referencia para otros que no alcanzaron la eficiencia y que además poseen características similares (Delfín & Navarro, 2014).

La tabla 12 muestra el análisis *benchmarking* del año 2019, el cual nos brinda un panorama más cercano a la actualidad, mostrando los puertos con los que se compara la DMU y los pesos de cada uno.

En este análisis, los puertos que tienen mayor frecuencia en el estudio fueron los puertos chinos de Qingdao y Tianjin que fueron tomados como referencia en 23 de 41 puertos estudiados.

**Tabla 12. Análisis *Benchmarking* con VRS de los puertos de Asia-Pacífico 2019**

<b>DMU</b>	<b><i>Benchmark (Lambda)</i></b>
Alianza Seattle y Tacoma	Paita (0.725822); Qingdao (0.036637); Singapur (0.237541)
Auckland	Melbourne (0.021484); Paita (0.849772); Qingdao (0.098096); Tianjin (0.030649)
Brisbane	Melbourne (0.000672); Paita (0.671699); Singapur (0.059422); Tianjin (0.001781); Vancouver (0.266425)
Buenaventura	Melbourne (0.359548); Paita (0.451237); Qingdao (0.105872); Tianjin (0.083343)
Callao	Melbourne (0.248703); Paita (0.689540); Singapur (0.051882); Tianjin (0.007876); Vancouver (0.001999)

Cartagena	Paita (0.659651); Qingdao (0.091592); Singapur (0.016502); Vancouver (0.232256)
Chennai	Chennai (1.000000)
Chittagong	Chittagong (1.000000)
Colombo	Qingdao (0.853685); Shanghai (0.061389); Tianjin (0.084926)
Ensenada	Melbourne (0.102785); Paita (0.804757); Qingdao (0.084573); Tianjin (0.007886)
Fremantle	Melbourne (0.014760); Mongla (0.675662); Paita (0.128382); Tianjin (0.019687); Vancouver (0.161509)
Iquique	Iquique (1.000000)
Jawaharlal Nehru	Qingdao (0.319121); Singapur (0.088068); Tianjin (0.038630); Vancouver (0.554181)
Klang	Melbourne (0.170292); Qingdao (0.275098); Singapur (0.085708); Tianjin (0.468903)
Lázaro Cárdenas	Qingdao (0.122371); Shanghai (0.034989); Tianjin (0.842640)
Long Beach	Melbourne (0.176395); Singapur (0.237582); Tianjin (0.014460); Vancouver (0.571563)
Los Ángeles	Melbourne (0.188985); Singapur (0.314211); Tianjin (0.060960); Vancouver (0.435845)
Manila	Melbourne (0.294660); Paita (0.135264); Qingdao (0.272536); Tianjin (0.297540)
Manzanillo	Melbourne (0.225247); Paita (0.507751); Qingdao (0.192035); Tianjin (0.074967)
Melbourne	Melbourne (1.000000)
Mongla	Mongla (1.000000)
Napier	Melbourne (0.104202); Paita (0.854076); Qingdao (0.020513); Tianjin (0.021209)
Oakland	Paita (0.743866); Qingdao (0.124531); Singapur (0.131603)
Paita	Paita (1.000000)
Penang	Penang (1.000000)
Prince Rupert	Chittagong (0.042030); Paita (0.907575); Tianjin (0.050395)
Qingdao	Qingdao (1.000000)
San Antonio	Chittagong (0.165263); Paita (0.120470); Qingdao (0.267876); Tianjin (0.049080); Vancouver (0.397311)
Shanghai	Shanghai (1.000000)
Shenzhen	Qingdao (0.634412); Shanghai (0.070095); Singapur (0.225188); Tianjin (0.070306)
Sídney	Paita (0.840332); Qingdao (0.101664); Singapur (0.058004)
Singapur	Singapur (1.000000)
Syama Prasad Mookerjee	Chennai (0.731875); Iquique (0.183466); Qingdao (0.015782); Tanjung Priok (0.015469); Tianjin (0.053407)
Tanjung Pelepas	Qingdao (0.875723); Shanghai (0.124277)
Tanjung Perak	Qingdao (0.971429); Shanghai (0.028571)
Tanjung Priok	Tanjung Priok (1.000000)

Tauranga	Melbourne (0.230527); Paita (0.726633); Qingdao (0.030579); Tianjin (0.012261)
Tianjin	Tianjin (1.000000)
Valparaíso	Chittagong (0.055625); Paita (0.794953); Qingdao (0.069848); Vancouver (0.079574)
Vancouver	Vancouver (1.000000)
Yokohama	Chennai (0.147059); Tianjin (0.852941)

Fuente: Elaboración propia con base al Análisis *Benchmarking*.

Los puertos de referencia son aquellos puertos que son eficientes y estos son la base para establecer el análisis *benchmarking*, por resaltar los puertos mexicanos, tenemos que el puerto de Ensenada utiliza como referencia el puerto de Paita estableciendo un peso de 0.80 respecto a los demás puertos, del mismo modo, el de Manzanillo toma como referencia el puerto de Paita con un 0.51 y en segundo sitio utiliza de referencia el puerto de Melbourne con un peso de 0.23, por otra parte, el puerto de Lázaro Cárdenas usa como referencia el puerto de Tianjin; recordemos que para este análisis se toman en cuenta aquellas DMU's que poseen características similares, sin embargo, cualquier cambio en la asignación de recursos con la finalidad de mejorar la eficiencia de puerto, puede ser traducido como una inversión de capital o *expertise* de las autoridades portuarias, los cuales hacen realmente complejo el logro de una mejora en los niveles de eficiencia que se proponen alcanzar.

## 6.2 Análisis de *slacks* con rendimientos variables a escala puertos Asia-Pacífico 2019

En este trabajo se utiliza una función orientada a la salida u *output* cuyo fin es maximizar la producción de un conjunto de insumos. Para este caso, en los puertos resulta de mayor utilidad hacer más eficiente el uso de su infraestructura, personal y equipo existente, maximizando la cantidad de TEU's y toneladas de carga general que movilizan en sus terminales.

Como se ha mencionado anteriormente, en el análisis de las variables *slacks* se analizan que *inputs* u *outputs* se deben minimizar o maximizar para obtener un mejor nivel de eficiencia.

En la tabla 13 se pueden observar los resultados para el análisis de cada DMU en cada *slack*: longitud de muelle, grúas pórtico, trabajadores, TEU's y toneladas.

**Tabla 13. Análisis slack con rendimientos variables a escala puertos Asia-Pacífico 2019**

DMU	Slack				
	Longitud de muelle	Grúas Pórtico	Trabajadores	TEU's	Toneladas
Alianza Seattle y Tacoma	-2.032055	0	0	0	74597598.56589 0
Auckland	-3.860401	0	0	0	0
Brisbane	0	0	0	0	0
Buenaventura	-2.905723	0	0	0	0
Callao	0	0	0	0	0
Cartagena	0	-5.918989	0	0	0
Chennai	0	0	0	0	0
Chittagong	0	0	0	0	0
Colombo	-5.993796	0	-5383.658571	0	0
Ensenada	-4.731856	0	0	0	0
Fremantle	0	0	0	0	0
Iquique	0	0	0	0	0
Jawaharlal Nehru	0	-1.033005	0	0	0
Klang	-1.526109	0	0	0	0
Lázaro Cárdenas	-11.709683	0	- 24379.731759	0	0
Long Beach	0	0	0	291309.24273 3	0
Los Ángeles	0	0	0	923427.42843 0	0
Manila	-5.327624	0	0	0	0
Manzanillo	-0.527090	0	0	0	0
Melbourne	0	0	0	0	0
Mongla	0	0	0	0	0
Napier	-0.557740	0	0	0	0
Oakland	-26.595832	0	0	0	30999427.34444 3
Paíta	0	0	0	0	0
Penang	0	0	0	0	0
Prince Rupert	0	0	-5460.970136	220135.56091 2	0

Qingdao	0	0	0	0	0
San Antonio	0	0	0	0	0
Shanghái	0	0	0	0	0
Shenzhen	-1.227871	0	0	0	0
Sídney	-1.381246	0	0	0	17885818.68946 0
Singapur	0	0	0	0	0
Syama Prasad Mookerjee	0	0	0	0	0
Tanjung Pelepas	0	-7.601205	- 10964.079277	0	32950763.30426 9
Tanjung Perak	-5.382714	0	-2104.914286	0	20358840.23618 8
Tanjung Priok	0	0	0	0	0
Tauranga	-0.555692	0	0	0	0
Tianjin	0	0	0	0	0
Valparaíso	0	-12.573148	0	0	0
Vancouver	0	0	0	0	0
Yokohama	-8.089309	0	- 13219.882353	3416445.7659 23	0

Fuente: Elaboración propia con base al Análisis de *Slacks*.

En la *slack* de longitud de muelle, 16 de los 41 puertos estudiados presentan problemática, al estar desaprovechando kilómetros de su muellaje, e impidiendo lograr equilibrio y eficiencia, por ejemplo, el puerto que tiene un mayor desajuste es el de Oakland, que presenta un valor de -26.60, esto quiere decir que el puerto tiene desaprovechados más de 26 kilómetros de muelle, por lo cual se requiere que más navieras lleguen al puerto para darle un uso eficiente a la longitud de muelle desaprovechada.

La siguiente *slack* representa menor conflicto en este estudio, Grúas Pórtico, en donde se pueden observar solo 4 puertos que requieren modificar el uso de esta variable, estos fueron: Cartagena, Jawaharlal Nehru, Tanjung Pelepas y Valparaíso, las cuales deberán modificar entre 1 y 12 grúas pórtico.

Para la última *slack input*, trabajadores, tenemos a la segunda en presentar más conflicto, con un conteo de 6 puertos, los cuales no aprovecha de manera eficiente su recurso, en caso particular encontramos a: Colombo, Prince Rupert, Tanjung Pelepas, Tanjung Perak, Yokohama y Lázaro Cárdenas el cual presentó un mayor

valor con -24379.73, en este caso no es que se requiera despedir personal, sino que es una cuestión de que los empleados estén mal aprovechados, y esto se puede deber al poco desarrollo de habilidades y baja capacitación del manejo de herramienta y equipo.

En lo que respecta al *slack output* de TEU's se tienen valores positivos, esto quiere decir que la DMU en cuestión debe aumentar dicha cantidad de TEU's para lograr el equilibrio con los demás recursos, cuatro puertos tuvieron dichos valores: Long Beach Los Ángeles, Prince Rupert y Yokohama.

Caso similar con las toneladas, en esta *slack* los 5 puertos que deben aumentar sus salidas en toneladas son: Alianza Seattle y Tacoma, Oakland, Sídney, Tanjung Pelepas y Tanjung Perak.

### **6.3 Discusión de los resultados**

Los estudios de eficiencia basados en métodos DEA han cobrado cada vez más importancia en los últimos años, y en el caso específico de los puertos se han realizado diversos estudios que han hecho aportes relevantes al campo.

En la literatura revisada, existen autores que analizan la eficiencia de los puertos, sin embargo, es importante recalcar que cada uno de ellos utiliza el método DEA desde un enfoque distinto, utilizando diversas técnicas complementarias.

Tal es el ejemplo de Rødseth, Wangsnes, Schøyen & Førsund (2020) quienes utilizaron un modelo de escala a rendimientos variables y de rendimientos constantes para las principales terminales portuarias de Noruega, en dicho caso, este modelo estuvo provisto de dos *inputs*, área del puerto y longitud total del muelle para sus *outputs* se utilizó granel seco, granel líquido, movimiento de TEU's y carga general.

En su trabajo de 2019 Kalgora, Goli, Damigou, Abdoukarim, Hamadou & Amponse también utilizan un enfoque de rendimientos constantes y variables para el estudio de puertos de África Occidental además de la técnica Windows I-C con diversos *inputs* tales como longitud del muelle, área de la terminal, número de grúas de muelle, número de grúas pórtico y número de estibadores para su *output* emplearon el movimiento de contenedores.

En la literatura que revisa el análisis de la eficiencia económica portuaria, varios autores han realizado importantes contribuciones a esta dirección de investigación, como Navarro & Delfín (2018) que además de utilizar la metodología DEA también emplearon la técnica de robustecimiento de datos *Bootstrap*, en dicho caso sus *inputs* utilizados fueron longitud del muelle, superficie y grúas y su *output* el número de TEU's movilizados anualmente para la eficiencia en los puertos APEC; otro estudio en donde se utilizó la técnica *Bootstrap* fue Munisamy & Wong (2013) para calcular la eficiencia de los puertos más importantes de Asia, Polyzos & Niavis (2013) para puertos del Mediterráneo.

Por otro lado, Cabral & Ramos (2018) en su estudio de puertos brasileños aprovecharon además de la técnica DEA, el uso de la técnica FDH y su enfoque no paramétrico para modelos CRS y VRS, haciendo uso de *inputs* como la profundidad de amarre, la longitud de amarre y número de amarres y como *outputs*: número de contenedores movilizados, número de contenedores manipulados por hora de amarre y la tasa de rendimiento de contenedor.

En cuanto al estudio de la eficiencia de costos tenemos gran diversidad de investigaciones en el sector portuario, nombrando aquellos que tuvieron un aporte a la presente investigación tenemos a Chang (2017) con su aporte a los puertos de Perú y Chile con su énfasis en la técnica DEA por dos etapas y SFA con metafrontera donde sus *inputs* fueron, activos fijos totales y número de trabajadores.

En cuanto a sus *outputs* encontramos: contenedores movilizados, fletes y carga general. También tenemos a Warninda que en su investigación acerca de empresas marítimas indonesias con un método DEA calculó la Eficiencia Técnica Global, Eficiencia Técnica Pura y Eficiencia de Escala, como es el caso de la investigación que aquí se presenta, con la diferencia que se utilizó un modelo CRS con *inputs* activos fijos totales, costos operativos y número de empleados y su *output*: ganancia operativa.

Por su parte Wu, Wu & Li (2012) en su investigación de empresas logísticas marítimas de los puertos chinos, utilizaron diversos modelos DEA para el cálculo de la eficiencia como: VRS, CRS, NIRS y SUP, en donde los *inputs* fueron muy variados: Activo circulante, activos fijos, activos fijos netos, cuentas por cobrar, sueldo de los empleados, gastos operativos, propiedad y equipo y pasivo corriente en cuanto a sus *outputs* podemos encontrar: Ingresos operativos, ingresos y retorno sobre el capital.

Rajasekar (2012) empleó un modelo DEA aditivo para VRS y CRS, calcular el efecto del tamaño en puertos de la India, otros que utilizaron modelos de CRS y VRS son, Munisamy & Singh (2011) para puertos asiáticos y González & Trujillo (2009) para su investigación sobre puertos españoles; entre las entradas que estos autores utilizaron en sus documentos encontramos número de atraques, longitud de muelle, número de equipos, número de empleados, longitud de atraque, superficie de la terminal, número de grúas de muelle, número total de equipo de patio.

En todos estos casos se utilizaron los TEU's como salida, pero en el caso de Rajasekar (2012) agregó adicionalmente la carga total maniobrada.

Algunos autores que incluyeron un modelo DEA VRS son: Delfín, Navarro & González (2015) para puertos mexicanos, Domagata & Górecka (2015) en su estudio de puertos asiáticos y norteamericanos y Mokhtar & Shah (2013) en referencia a puertos de Malasia, todos ellos adicionaron el Índice de Malmquist y

utilizaron un output en común: número de TEU's movilizados anualmente; el cual fue utilizado del mismo modo en esta investigación agregando el output de toneladas movilizadas.

Como podemos observar existe gran variación en cuanto a las técnicas utilizadas, a pesar de ser muy similares, se tienen diferencias muy claras ante el tipo de estudio que aquí se presenta. En primer punto el tipo de modelo utilizado, rendimientos variables o constantes, añadido a la orientación de entrada o salida que se le quiera otorgar a la investigación, la desagregación del mismo en cuanto al tipo de eficiencia obtenido: eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia económica también se considera un vasto grupo de variables, el periodo de estudio y por último el número de DMU's que se emplea en la presente investigación, lo cual hace que sea totalmente distinto a la revisión bibliográfica realizada.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado en este trabajo permitió identificar las variables que inciden e influyen en la eficiencia de los puertos de Asia-Pacífico desde una perspectiva tecnológica y mediante la técnica DEA se realizaron las mediciones pertinentes para conocer su nivel de eficiencia.

En esta investigación se utilizaron puertos de diferentes tamaños y la metodología DEA nos permite una comparación entre ellos y definir guías de mejora para la correcta utilización de recursos independientemente de la dimensión de ellos.

Se calculó la eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala con orientación al *output*. Adicionalmente, éste estudio se complementó con un análisis de *Benchmarking* y de *Slacks*, utilizando cinco variables, tres variables del *input*: longitud de muelle, grúas pórtico, número de trabajadores y dos del *output*: contenedores (TEU's) y toneladas movilizadas.

De los resultados, tenemos que la eficiencia técnica se caracterizó por tener los valores más bajos de las tres mediciones realizadas (eficiencia técnica, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala), al obtener en promedio un valor de 0.54. Este valor se debe a que no se optimizaron los *inputs* de la longitud del muelle, las grúas pórtico y el número de trabajadores en relación con los TEU's y toneladas obtenidas en los puertos analizados, como lo mencionaron Navarro y Hernández (2013) conceptualmente, la eficiencia técnica pura muestra en qué medida la unidad productiva analizada está extrayendo el máximo rendimiento de los recursos tecnológicos a su disposición; mientras que la eficiencia de escala determina si la DMU evaluada ha logrado alcanzar el punto óptimo de escala.

En esta investigación se pudo corroborar que las variables elegidas explicaron el nivel de eficiencia de los puertos de la región Asia-Pacífico, además se pudo comparar entre los 41 puertos su grado de eficiencia para el espacio temporal de estudio, se conocieron además aquellos puertos tomados como referencia para este

amplio territorio, también se establecieron aquellas *slacks* u holguras para cada *input* que se observó.

De manera adicional, en cuestión a las hipótesis planteadas en un inicio, se afirma que la longitud del muelle, las grúas pórtico y el número de trabajadores son factores con incidencia en la determinación del grado de eficiencia en estos puertos analizados.

Como panorama general, de los cuatro puertos que presentaron eficiencia, tres de ellos son asiáticos, en caso contrario, aquellos que tienen un nivel deficiente se encontraron en la zona del continente americano, entre ellos dos puertos mexicanos: Ensenada y Lázaro Cárdenas.

A grandes rasgos, los puertos centro americanos y sudamericanos no presentan un buen nivel eficiencia en el periodo de análisis, ya que en la mayoría de los años obtuvieron niveles de eficiencia muy bajos, y es por ello que se vieron ubicados por debajo del promedio general en las tres eficiencias.

Esto podría deberse a que las autoridades portuarias asiáticas y norteamericanas ponen gran foco en las inversiones del sector marítimo, recibiendo grandes cantidades de capital a diferencia de los puertos latinoamericanos, que aún no han logrado la misma capacidad productiva a pesar de su ubicación privilegiada y vínculos internacionales.

Las dificultades que se presentaron en el caso de los puertos mexicanos estudiados, se fijan en que su grado de eficiencia no logró superar en ningún año la media del modelo, esto nos sugiere que, de manera similar, en Manzanillo, Ensenada y Lázaro Cárdenas, prevalecieron problemáticas concernientes al mal aprovechamiento de sus recursos en infraestructura y de personal.

También se pudo derivar que los puertos asiáticos son los más competitivos, de manera específica, el puerto de Shanghái, que movió 730.5 millones de toneladas y 43.3 millones de TEU's en 2019, en contraste, en México, el puerto de Manzanillo

fue el que tuvo mayor movimiento de contenedores con 34.9 millones de toneladas de carga general y 3.06 millones de TEU's en el mismo año, lo que nos hace pensar en que es necesaria la implementación de estrategias y políticas públicas que promuevan el desarrollo portuario nacional.

Respecto a los puertos eficientes encontramos que el puerto de Qingdao, Tianjin, Singapur y Vancouver también fueron utilizados como referencia en la mayoría de ocasiones en el análisis benchmarking, es importante recalcar, que los puertos de Paita en Perú y Melbourne en Australia, a pesar de no haber alcanzado el nivel de eficiencia, también fueron utilizados en varias ocasiones como referencia es dicho análisis con 18 y 14 ocasiones respectivamente.

## RECOMENDACIONES

La razón de estos resultados, en cuanto a los gigantes asiáticos, tenemos que diversas empresas controlan actualmente cerca de 100 puertos en más de 60 países, lo cual facilita el flujo de transacciones y la conectividad logística de estos puertos.

Según Jan Hoffman, jefe de la Unidad de Logística Comercial de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) señala que los puertos con inversión china han experimentado un aumento en su conectividad de transporte marítimo superior a la media a lo largo de los años (BBC, 2021), lo cual, naturalmente, resulta una ventaja competitiva sobre otras economías, aunado a sus inversiones de gran tamaño y que los asiáticos utilizan sus propios servicios en las terminales portuarias, lo cual les favorece de gran magnitud a esta industria.

Al igual que la economía china, el puerto de Qingdao ha experimentado crecimiento continuo para lograr mayores niveles de competitividad cada año, beneficiando el crecimiento de negocios e infraestructura del puerto. Desde 2013 se convirtió en el quinto puerto más importante en China, logrando ubicarse en estos niveles en los años consiguientes (Licon, 2017).

Por ejemplo, en el año 2021, la Terminal de Contenedores automatizada del puerto de Qingdao, propiedad y operado por Shandong Port Group (SPG), estableció un nuevo registro de manejo de carga de un solo buque, la terminal logró una eficiencia promedio de 52,1 movimientos por hora de TEU (PortalPortuario, 2021).

En este sentido, el puerto ha logrado avances significativos en la transición de las redes de transporte de plataformas, ofreciendo soluciones para la construcción de puertos inteligentes y verdes.

A pesar del impacto de la pandemia de Covid-19, el puerto de Tianjin manejó 18,35 millones de TEU en 2020, un aumento anual del 6,1 %, ubicándose entre los diez primeros del mundo, en 2020 (PortalPortuario, 2021).

A medida que pasan los años, la inversión, la infraestructura espacial y de equipo crece, acelerando el comercio internacional del puerto de Tianjin, éste mantiene relaciones comerciales muy dinámicas con la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y otros países, con productos en todo el mundo y un mercado activo (Licon, 2017).

Al consolidar líneas navieras y alianzas clave que recorren la principal ruta de envío desde Asia a Europa, y al establecer una sólida red de alimentación complementaria a los puertos más pequeños de la región, Singapur ha construido una red confiable y densamente conectada. Brindar un servicio eficiente de manera óptima ayuda a las líneas navieras a reducir costos. Con este fin, Singapur ha invertido continuamente en tecnología e innovación para extraer ganancias de productividad y mejorar su competitividad (Li, 2018).

En cuanto al último puerto eficiente que se encuentra en Vancouver, Canadá, que, en la primera mitad de 2021, el puerto experimentó un aumento del 7 % en los volúmenes de carga con respecto a mediados de 2020, estableciendo un récord. Las cantidades de contenedores aumentaron casi un 25% y los granos un 20% a mediados de año. Un aumento notable fue el volumen de contenedores vacíos respaldados en el puerto, un fenómeno que también se experimentó en los puertos de la costa oeste de EE. UU. (Eschner, 2021).

El gobierno canadiense ha presentado un sistema para mejorar el flujo de tráfico marítimo de embarcaciones y optimizar el flujo de la cadena de suministro en el puerto de Vancouver y en el sur de la Columbia Británica. Incluirá enfoques de políticas, procedimientos, prácticas, incentivos, tecnologías, información y datos compartidos necesarios para ofrecer un sistema de gestión del tráfico que genere beneficios para todos los socios.

Robin Silvester, presidente y director ejecutivo de *Vancouver Fraser Port Authority*, dijo: “Estamos orgullosos de colaborar con los socios portuarios, las partes interesadas, los grupos indígenas y el gobierno en este nuevo sistema de gestión del tráfico marítimo de embarcaciones que no solo mejorará y optimizará el

movimiento eficiente de bienes a través de nuestro sistema portuario, sino también reducir los impactos ambientales y comunitarios de la actividad comercial en nuestra puerta de entrada”, esto muestra en gran parte una manera de apostar por un sistema portuario eficiente y sostenible.

Edgar Guillaumín en su presentación de 2010 explica algunas de las estrategias que han resultado valiosas para el sector marítimo, en grandes rasgos se centra en implementar una conexión desarrollada, la especialización de terminales buscar el desarrollo de una red eficiente de puertos, la constante actualización de las plataformas electrónicas y promover las actividades logísticas integrales.

En general la región Asia-Pacífico, donde el volumen de mercancías por vía marítima crece significativamente cada año, es necesario implementar estrategias que conlleven al progreso de la eficiencia. Con este tipo de estudio se puede observar la necesidad de desarrollar políticas portuarias dirigidas a fortalecer la inversión en infraestructura, tecnología y políticas laborales que contribuyan a una mejor formación del personal portuario.

En el caso de los puertos mexicanos, se siguen dispersando hacia los últimos lugares en eficiencia, y requieren de manera urgente ser potencializados de manera acelerada para que puedan aprovechar la oportunidad que representa su ubicación geográfica y sus recursos naturales y tecnológicos.

Como parte de los resultados de esta investigación se presentan algunas recomendaciones en concreto que promuevan la mejora de la eficiencia y competitividad del sector marítimo en México y la región Asia- Pacífico; del mismo modo que se evalúan futuras líneas de investigación en este contexto.

Como se observó en el análisis de slacks, en varios países de la región Asia – Pacífico existen una brecha importante en el aprovechamiento de la longitud de muelle, lo que afecta de manera directa al nivel de eficiencia de los puertos marítimos y su operación en el sector. Debido a esto se recomienda que se establezcan convenios con numerosas navieras que lleguen a puerto para tener en

uso el muellaje que no se ha aprovechado, del mismo modo, se pueden otorgar concesiones por parte de la autoridad portuaria para que estos muelles estén en uso continuo y que promuevan alianzas estratégicas con el sector empresarial del estado y dar un uso del puerto como plataforma logística para el comercio internacional de un sinnúmero de empresas nacionales, ofreciendo calidad en el servicio y precios competitivos.

El buen aprovechamiento de la longitud de muelle permitirá que se tenga un flujo constante de contenedores, esto al evitar espacios muertos o sin utilizar.

Del mismo modo, en el análisis slacks trabajadores se observan algunos países con exceso de mano de obra, lo que resulta en un impacto negativo en la eficiencia de las unidades observadas. Es por ello, que es importante recalcar que la constante capacitación y desarrollo de habilidades influye de manera positiva al personal para especializarlo en puerto, estas capacitaciones logran obtener mano de obra más calificada, la cual dará un uso eficiente de las herramientas y equipo que se provean para realizar sus actividades.

Además de las de actualizaciones en cursos técnicos en uso de equipos y herramientas, es importante mencionar, que gran parte del personal ejecutivo y estratégico de los puertos tiende a no ser originario de la región. Las personas con mayor especialización son provistas por otros países ajenos a las economías que aún se encuentran en desarrollo; esto es debido a que el personal local no cuenta con el nivel de estudios y especialización que los perfiles del puerto requiere. Cabe mencionar que, en algunos puertos, gran parte de su plantilla son puestos operativos y básicos que generan salarios mínimos. Una nación que cuenta con estos niveles de especialización en su personal tiende a garantizar mayores tasas de empleo, mejores condiciones laborales y salarios altamente competitivos que impactan directamente con el desarrollo marítimo y la reactivación económica de la zona circundante que es parte de estos nodos portuarios.

Por último, una variable que resulta vital para la movilización óptima de los TEU's es el uso de las grúas pórtico, a pesar de que es la variable que presenta menos

problemática, se puede recomendar que para el máximo logro de objetivos una planeación de mantenimiento preventivo y correctivo es necesaria para evitar poseer equipos en malas condiciones u obsoletos, también es recomendable programar las maniobras de cada grúa durante la jornada evitando tiempos muertos o de demora, del mismo modo se podría aprovechar la capacidad máxima de cada equipo para lograr maniobras completas en donde se tenga un mayor número de TEU's o toneladas movilizadas.

De acuerdo a las conclusiones efectuadas en esta investigación anteriormente, se exponen las siguientes acciones que buscan incrementar el nivel de eficiencia de los puertos de Asia- Pacífico, su flujo de TEU'S y su operatividad en general.

- 1) Se sugiere promover y eficientar el otorgamiento de concesiones por parte de la autoridad portuaria para generar alianzas estratégicas con el sector empresarial del país.
- 2) Diversificar los mercados marítimos que componen esta región con el fin de explotar aquellos mercados que aún no han sido explorados en Asia-Pacífico.
- 3) En el caso de algunos países, aumentar su atractivo como destino de IED, para que se instalen empresas multinacionales que utilicen el puerto con el fin de catapultar estos nodos logísticos hacia un entorno más globalizado.
- 4) Planear el mantenimiento preventivo y correctivo de herramientas y equipos portuarios, del mismo modo, aprovechar la capacidad máxima de cada equipo para lograr un mejor flujo de TEU's o toneladas movilizadas
- 5) Capacitar y contratar mano de obra especializada para garantizar mejores tasas de empleo, condiciones laborales óptimas y salarios altamente competitivos que impacten directamente con el desarrollo del sector portuario.

Futuras líneas de investigación:

De acuerdo al trabajo realizado en este estudio, surgieron las siguientes futuras líneas de investigación:

- a) Implementar un estudio paramétrico de datos panel para evaluar variables económicas y establecer el impacto que tiene el nivel de eficiencia portuaria con el PIB de una economía
- b) Investigar y asignar los precios e información financiera para realizar mediciones de eficiencia económica
- c) Analizar otros sectores relacionados al sector portuario a través del análisis DEA que permitan complementar y reforzar que variables determinan la eficiencia logística portuaria de la región de Asia- pacífico

Dentro de las diferencias y aportes que esta investigación provee, destacan las siguientes: la amplitud del periodo de estudio, las DMU's utilizadas ya que hay puertos de gran importancia que no se han contemplado en otros estudios de esta naturaleza y la adición de un segundo *output* para obtener un modelo mejor ajustado.

Finalmente, la importancia de realizar este tipo de estudios supone un gran aporte metodológico que nutre diversas líneas de investigación del sector, constituye además una herramienta muy importante para el logro de operaciones portuarias efectivas y su planeación de negocio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdel Musik G. & Romo Murillo D. (2004). Sobre el Concepto de Competitividad.
- Association of Canadian Port Authorities (ACPA). (2021). Our impact: Economy in Canadian Ports. Consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: <https://acpa-aapc.ca/our-impact/economy/>
- ADB. Asian Development Bank. (2012). Papua New Guinea: Preparing the Maritime and Waterways Safety Project (Financed by the Japan Fund for Poverty Reduction) recuperado de: <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/74641/44375-012-png-tacr.pdf>.
- ADB. Asian Development Bank. S/A. Fiji Islands: Fiji Ports Development Project consultado el 07 de diciembre de 2020 en el sitio: <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/67702/32525-fij-pcr.pdf>
- Afriat, S.N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*.
- Aigner, D. J. & Chu, S.F. (1968): On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review*, vol. 58, nº 4.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. & Schmidt, P. (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1): 21–37.
- AIVP. 2016. Insights into the Indian Maritime Industry and Ports in India. Recuperado de: [http://www.aivp.org/wp-content/uploads/2016/06/suresh\\_trishala\\_indian\\_maritime\\_industry.pdf](http://www.aivp.org/wp-content/uploads/2016/06/suresh_trishala_indian_maritime_industry.pdf)
- Alianza del Pacífico. 2020. Del sitio: <https://alianzapacifico.net/que-es-la-alianza/>
- Asociación Mexicana de importadores y exportadores (ANIERM). (2021). Los principales socios comerciales de México. Consultado el 03 de abril de 2022

del sitio: <https://anierm.org.mx/los-principales-socios-comerciales-de-mexico/>

- APEC. 2020. Del sitio: <http://www.apec.org/>
- APILAC. (2016). Handbook- Folleto Portuario, Puerto de Lázaro Cárdenas.
- Antão, P., Guedes S., & Gerretsen, A. (2005). Benchmarking analysis of European Ports and Terminals. 10.1201/9781439833728.ch160.
- Arechederra P. (2018). Data Envelopment Analysis: Análisis de la Eficiencia de los Fondos De Inversión. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid.
- Ariyawansa, Ranthilaka & Gunawardene, Praneeth & Kumara, Uthumange. (2017). Opportunities and Challenges for Port of Colombo to become a successful hub port: Comparison of Port of Colombo's performance in the region.
- Arzubi, A., & Berbel, J. (2002). Determinación de Índices de Eficiencia Mediante DEA en Explotaciones Lecheras de Buenos Aires. Investigaciones Agrarias, 103-123.
- ASEAN. (2005). Promoting Efficient and Competitive Intra-ASEAN Shipping Services – Brunei Darussalam Country Report. Final Report March 2005 recuperado de: <https://www.asean.org/wp-content/uploads/2012/10/Brunei.pdf>
- ASEAN. S/A. Study on Guidelines for Assessing Port Development Priorities including Acceptable Performance Levels in ASEAN. Final Report. Consultado el 07 de diciembre de 2020 del sitio: [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12022869\\_04.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12022869_04.pdf)
- ASEAN. (2020). Del sitio: <https://asean.org/>
- Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). (2016). Exploration on Strengthening of Maritime Connectivity. APEC. Transportation Working Group. Noviembre, 2016.
- AAPA. S/A. Recuperado el 07 de Diciembre de 2013, de AAPA Surveys: <http://www.aapa-ports.org/Industry/content.cfm?ItemNumber=900>
- Banco Mundial. 2020. Asia oriental y el Pacífico: La “triple conmoción” de la pandemia que afecta a las economías de toda la región recuperado de:

<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/09/28/east-asia-and-pacific-pandemic-triple-shock-hitting-economies-across-region>

- Banker, Charnes & Cooper (1984). Some models for estimating technical and scale efficiencies in DEA. *Management Sciences*.
- Battese, G.E. & Coelli, T. J. (1992) "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India". *Journal of Productivity Analysis*, 3(1):153–169.
- Bayos, K. (16 de Febrero de 2015). \$200-M new port in Cebu pushed; location under study. *Manila Bulletin*.
- BID. Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos recuperado del sitio: [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Puerto-deManzanillo-Gesti%C3%B3n-de-riesgos-clim%C3%A1ticos-\(Resumen-ejecutivo\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Puerto-deManzanillo-Gesti%C3%B3n-de-riesgos-clim%C3%A1ticos-(Resumen-ejecutivo).pdf)
- BIMCO. (2020). recuperado de <http://t21.com.mx/maritimo/2020/04/06/bimco-reduce-perspectivas-transporte-maritimo-2020>
- Busan Port Authority (BPA). (2022). Busan Port Overview. World Class Port. Consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: <https://www.busanpa.com/eng/Contents.do?mCode=MN0027>
- APILAC. (2019). Boletín Informativo Puerto de Lázaro Cárdenas Resumen de Actividades segundo semestre 2019. Puerto de Lázaro Cárdenas. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- BBC. (2021). La estratégica red de puertos que China controla en el mundo y cómo está avanzando en América Latina consultado el 16 de febrero de 2021 del sitio <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58849114>
- Boussofiane, Dyson & Thanassoulis. (1991). *Applied DEA*. *European Journal of Operational Research*.
- Cabral, Alexandra Maria Rios; Ramos, Francisco S. (2018): *Efficiency*

- Container Ports in Brazil: A DEA And FDH Approach, The Central European Review of Economics and Management (CEREM), ISSN 2544-0365, WSB University in Wrocław, Wrocław, Vol. 2, Iss. 1, pp. 43-64,
- Carbone D., Frutos M. & Casal R. (2014). Eficiencia Portuaria: Análisis De Los Indicadores Para Su Determinación. 10.13140/2.1.2287.3285.
- Castro Castell, O., Soler Niño, E. D., Umaña Castellanos, R. S., & Yepes Lugo, C. (2017). Infraestructura portuaria en Colombia: asimetrías entre el puerto de Buenaventura y el puerto de Cartagena para el año 2015. Universidad & Empresa.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). Estudio La integración productiva América Latina - Asia Pacífico y sus desafíos. Consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: <https://www.cepal.org/es/eventos/estudio-la-integracion-productiva-america-latina-asia-pacifico-sus-desafios>
- Centro Mexicano de Relaciones Internacionales (CEMERI). (2022) Asia Pacífico. Consultado el 03 de abril de 2022 e el sitio: <https://cemerri.org/acerca/>
- Chang, V. (2017). Essays on Efficiency and Productivity in Port Terminals: A Frontier Analysis approach the determinants of Efficiency for the West Coast of South Pacific Terminals a second stage DEA approach in a Metafrontier framework. Tesis doctoral Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Charnes, A. & Cooper, W.W. (1962). Programming with Linear Fractional Functionals. Naval Research Logistics Quaterly, Vol. 9.
- Charnes A., Cooper W. W., Golany B., Seiford L. & Stutz J. (1983). Pareto-Optimality, Efficiency Analysis And Empirical Production Functions
- Charnes, A.; Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units", European Journal of Operational Research, 2(6):429-44.
- Charnes, A., Cooper, W. & Rhodes, E. (1981) 'Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through', Management Science, Vol. 27, pp.668–697.

- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). Basic DEA models. In *Data envelopment analysis: Theory, methodology, and applications*. Springer, Dordrecht.
- Charnes, A., Cooper, W.; Lewin, A., & Seiford, L. (1997): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, New York, Kluwer Academic Publishers, Second edition.
- Chediak F. & Valencia L. S. (2008). *Methodology for Measuring Efficiency Through the Data Envelopment Analysis Technique*. Vector, Volumen 3, Enero - Diciembre 2008.
- Chen, Chien-Ming & Delmas, Magali & Lieberman, Marvin. (2015). Production frontier methodologies and efficiency as a performance measure in strategic management research. *Strategic Management Journal*. 10.1002/smj.2199.
- Chen, Shu-Ling; Pateman, Hilary & Sakalayan, Quazi. (2016). The latest trend in Australian port privatisation: Drivers, processes and impacts. *Research in Transportation Business & Management*. 10.1016/j.rtbm.2016.10.005.
- Cho, C. C., Kim, B. I. & Hyun J. H. (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.
- Coll V. & Blasco O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Edición electrónica.
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *The CCR Model and Production Correspondence*. 10.1007/978-0-387-45283-8\_3.
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software* (2nd ed.), New York, Springer.
- Cordero, J.M. (2006). *Evaluación De La. Eficiencia Con Factores Exógenos Mediante El Análisis Envolvente De Datos. Una Aplicación A La Educación Secundaria En España*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura

- Cuberos, M. (2015). Algoritmo de recocido simulado para la mejora de la eficiencia de una terminal intermodal. Tesis de maestría. Universidad de Sevilla.
- Cullinane, K., & Wang, T. F. (2007). Chapter 23 Data Envelopment Analysis (DEA) and Improving Container Port Efficiency. *Research in Transportation Economics*, 17, 517–566. doi:10.1016/s0739-8859(06)17023-7
- De María A. & Ramos A. (2016). México y sus relaciones con Asia-Pacífico *Revista Mexicana de Política Exterior*, núm. 108, septiembre-diciembre de 2016, pp. 7-13, ISSN 0185-6022
- Delfín Ortega O. V. & Navarro Chávez J. C. L. (2014). La Eficiencia de los Puertos en México. UMSNH y CONACYT.
- Delfín Ortega, Odette Virginia, & Navarro Chávez, José César Lenin. (2015). Productividad total de los factores en las terminales de contenedores en los puertos de México: una medición a través del índice Malmquist. *Contaduría y administración*, 60(3), 663-685. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.05.011>
- Delfín Ortega, Odette Virginia, & Lenin Navarro Chávez, José César (2016). Eficiencia económica en los Puertos de México, 2000-2010. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época / Mexican Journal of Economics and Finance*, 11(3),85-103. [fecha de Consulta 2 de Abril de 2022]. ISSN: 1665-5346. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423748198005>
- Deloitte. (2019). *Industry Insight New Zealand Ports and Freight Yearbook*.
- Deprins, Simar & Tulkens. (1984). Measuring Labor-Efficiency in Post Offices in: m. Marchand, e.a. (eds), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement*, Elsevier, Amsterdam, 1984, 243-267
- Desplebin, Douglas, Chang, Siu, Nikhilesh. (2017). An empirical test of the balanced theory of port competitiveness. *International Journal of Logistics Management, The, Emerald*, 2017, 28 (2), pp.363 - 378. (10.1108/IJLM-06-2015-0101). (hal-01656957)
- Díaz-Bautista, A. (2008). Los Puertos en México y la Política Económica Portuaria Internacional. Observatorio de la Economía Latinoamericana.

- Domagała, Joanna & Górecka, Aleksandra. (2015). Seaport efficiency and productivity based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index. *Logistics & Sustainable Transport*. 6. 25-33. 10.1515/jlst-2015-0008.
- Dyson, R., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V. & Sarrico, C. (2001) 'Pitfalls and protocols in DEA', *European Journal of Operational Research*, Vol. 132, pp.245–259.
- ESCAP. (2019). United Nations Capacity Building Workshop on Strengthening Transport Connectivity among CLMV-T National Plan for Port Community System Myanmar, recuperado de: <https://www.unescap.org/sites/default/files/Country%20presentation%20-%20Myanmar%20Session%206-1.pdf>
- Eschner K. (2021). Backlog at the Port of Vancouver is a sign of supply-chain disruption to come. *Fortune* December 1, 2021 Edition
- Farrell M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3. International Monetary Fund Regional Economic Outlook: Asia and Pacific Navigating Waves of New Variants: Pandemic Resurgence Slows the Recovery
- FESCO. (2022). Presentación de la terminal de FESCO en Vladivostok, Rusia recuperado del sitio: <https://www.fesco.ru/en/clients/terminals/vmtp/#download>
- Fried, H., Schmidt, S. & Yaisawarng, S. (1999): "Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, 12, pp. 249-267.
- Fried, H., Lovell, C.A.K., Schmidt, S. & Yaisawarng, S. (2002): "Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, 17(1/2), pp. 157-174.
- Fung Business Intelligence. (2018). China's Shipping Ports and Maritime Traffic. *Business Policy and City Clusters in China* January 2018. Recuperado de: [http://www.iberchina.org/files/2018/puertos\\_china.pdf](http://www.iberchina.org/files/2018/puertos_china.pdf)
- Gómez J.M. (2001). La evaluación de la eficiencia en las universidades públicas españolas. *Universitat de Lleida*

- González Laxe F. (2008). Nuevas Tendencias En El Transporte Marítimo. Revista Galega de Economía, vol. 17, núm. 1 ISSN 1132-2799.
- González, M., & Trujillo, L. (2006). La medición de la eficiencia en el sector portuario: revisión de la evidencia empírica. Canarias, España.
- González, María & Trujillo, Lourdes. (2009). Efficiency Measurement in the Port Industry: A Survey of the Empirical Evidence. Journal of Transport Economics and Policy. 43. 157-192.
- Granados Quiroz U. (2014). México y el Acuerdo de Asociación Transpacífico (TPP): oportunidades y retos. Méx.cuenca pac vol.3 no.6 Guadalajara ene/abr. versión On-line ISSN 2007-5308.
- Guillaumin E. (2010). Los puertos y su conectividad. Consultado el 16 de febrero del 2021 del sitio:[https://www.oas.org/cip/docs/documentos\\_importantes/PresentacionesIxtapa/E.\\_Guillaumin.\\_Los\\_puertos\\_y\\_su\\_conectividad.pdf](https://www.oas.org/cip/docs/documentos_importantes/PresentacionesIxtapa/E._Guillaumin._Los_puertos_y_su_conectividad.pdf)
- Hanaoka, S. (2013). Port Competition in Cambodia. Journal of Maritime researches. Recuperado de: [http://www.lib.kobe-u.ac.jp/infolib/meta\\_pub/G0000003kernel\\_81006884](http://www.lib.kobe-u.ac.jp/infolib/meta_pub/G0000003kernel_81006884)
- HKGov. (2020). Hong Kong: The Facts - The Port. Recuperado de: <https://www.gov.hk/en/about/abouthk/factsheets/docs/port.pdf>
- IANTC. Infrastructure Australia and the National Transport Commission. (2010). National ports strategy Background paper December 2010 recuperado de: [https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/201906/ports\\_strategy\\_background\\_paper\\_20\\_December\\_2010.pdf](https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/201906/ports_strategy_background_paper_20_December_2010.pdf)
- International Monetary Fund (IMF). (2021). Regional Economic Outlook for Asia and Pacific, October 2021, recuperado de la página: <https://www.imf.org/en/Publications/REO/APAC/Issues/2021/10/15/regional-economic-outlook-for-asia-and-pacific-october-2021>
- Jessup E., Galinato S., Alisheva Z. & Bradley J. (2019). West Coast Container Traffic Analysis Pacific Northwest Container Availability Study consultado el 06 de diciembre de 2020 del sitio:

[http://ses.wsu.edu/wpcontent/uploads/2019/08/Final\\_PNW\\_Container\\_Availability\\_Report.pdf](http://ses.wsu.edu/wpcontent/uploads/2019/08/Final_PNW_Container_Availability_Report.pdf)

- JICA. (2007). The Study on the Master Plan for Maritime and Port Sectors in Cambodia. (2007). Final Report recuperado de: [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11861960\\_01.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11861960_01.pdf)
- Kalgora, B., Goli, S.Y., Damigou, B., Abdoukarim, H.T. and Amponsem, K.K. (2019) Measuring West-Africa Ports Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Transportation Technologies*, 9, 287-308. doi: 10.4236/jtts.2019.93018.
- Kerstens, Borger, Moesen, & Vanneste. (1994). A non-parametric Free Disposal Hull (FDH) approach to technical efficiency: an illustration of radial and graph efficiency measures and some sensitivity results. *Swiss Journal of Economics and Statistics (SJES)*. 130. 647-667.
- Koontz, H. & Wehrich, H. (1998). *Administración. Una perspectiva Global*. McGraw-Hill. México.
- Koopmans, T. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. En *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics. New York.
- Krugman, P. (1994). Competitiveness: A dangerous obsession. *Foreign Affairs*, vol. 73 NQ 2: 28-44, march/april.
- Kumbhakar S. & Lovell K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leal Paço C. & Cepeda Pérez J.M. (2013). El uso de la metodología DEA (Data Envelopment Analysis) para la evaluación del impacto de las TIC en la productividad del sector hotelero. Versión online, publicado el 1 de enero de 2013, consultado el 20 de noviembre de 2020. URL: <http://journals.openedition.org/viatourism/996>; DOI: <https://doi.org/10.4000/viatourism.996>
- Legiscomex. (2016). *Distribución Física Internacional – Ficha logística de Taiwán*. Recuperado de:

<https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/ficha-logistica-taiwan-2016-acceso-maritimo.pdf>

- Leung, A., Burke, M., Yen, B. & Cui, J. (2016). Oil vulnerability of Australian capital cities: A pilot study using Data Envelopment Analysis (DEA) for vulnerability benchmarking.
- Li C. (2018). Connecting to the World: Singapore as a Hub Port. Civil Service College Singapore
- Licona Michel A. (2017). China: crecimiento del PIB, comercio, competitividad y puertos marítimos. Revista digital Mundo Asia Pacífico, MAP, Centro de Estudios Asia Pacífico, Universidad EAFIT Vol.6, Número 10, Enero - junio 2017 | ISSN 2344-8172.
- Licona A., Reyes M., & Celaya R. (2015). Puertos en el Noreste y Sureste Asiático: China, Japón, Corea del Sur, Filipinas, Indonesia, Malasia, Tailandia y República Socialista de Vietnam Primera edición 2015. Instituto Tecnológico de Sonora ISBN (libro electrónico en Internet): 978-607-609-132-6 recuperado de: <https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ciencia-economico/puertosenelnoreste.pdf>
- Lockheed M. & Hanushek E. (1988). Improving Educational Efficiency in Developing Countries: What Do We Know? en Compare, Vol. 18, No. 1
- Londoño Sierra L.J. & Giraldo Pérez Y.E. (2009). Análisis Envolvente de Datos, DEA: Una aplicación al sector de telecomunicaciones de países de medianos ingresos. Ecos de Economía No. 28 Medellín, abril de 2009 pp. 53-73
- Maldives Port Limited. (2018). Annual Report 2018. Recuperado de: <https://port.mv/wp-content/uploads/2019/11/Annual-Report-2018-min.pdf>
- Mandal, Anindita & Roychowdhury, Soma & Biswas, Jhumoor. (2016). Performance analysis of major ports in India: A quantitative approach. International Journal of Business Performance Management. 17. 345. 10.1504/IJBPM.2016.077250.

- Martínez D. (2019). Hacia una mayor presencia de México en Asia-Pacífico. colaboración de la Secretaría de Relaciones Exteriores de México. Revista Foreign Affairs Latinoamérica consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: <https://revistafal.com/hacia-una-mayor-presencia-de-mexico-en-asia-pacifico/>
- Martner C. & Moreno A. (2002). “The Restructuring of Mexican Ports and Modal Integration of Transport in México”. Memorias de Meeting and Conference IAME 2002, organizado por International Association of Maritime Economists (IAME), del 12 al 15 de Noviembre de 2002, Ciudad de Panamá, Panamá.
- Mattoo, A. & Stern R. M. (2008). ‘Overview’. En: A Handbook of International Trade in Services. World Bank. Oxford University Press.
- Meeusen, W., van den Broeck, J. (1977) “Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error”. International Economic Review, 18(2): 435–444.
- Melao, N. (2005). Data Envelopment Analysis Revisited: A Neophyte's Perspective. International Journal of Management and Decision Making. 6. 10.1504/IJMDM.2005.006029.
- Millán Bojalil J. A. (1993). La Cuenca del Pacífico: Mito o realidad
- Millán Bojalil J. A (2019, 23 de abril). México-Cuenca del Pacífico: una oportunidad para el país de crecer. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/mexico-cuenca-del-pacifico-una-oportunidad-para-el-pais-de-crecer/>
- Mindur, M. (2020). Significance of the port of Singapore against the country's economic growth. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2020, 106, 107-121. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.106.9>.
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). (2020). Classification of Ports and Harbours consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: [https://www.mlit.go.jp/en/kowan/kowan\\_fr4\\_000004.html](https://www.mlit.go.jp/en/kowan/kowan_fr4_000004.html)

- Mokate K. (1999). Eficacia, Eficiencia, Equidad Y Sostenibilidad: ¿Qué queremos decir? Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES).
- Mokhtar, Kasypi & Shah, Muhammad. (2013). Malmquist Productivity Index for Container Terminal. *European Journal of Business and Management*.
- Morales, Serebrisky, Araya, Briceño-Garmendia & Schwartz. (2013). Benchmarking container port technical efficiency in Latin America and the Caribbean (IDB Working Paper Series ; 474).
- Munisamy, Susila & Singh, Gurcharan. (2011). Benchmarking the efficiency of Asian container ports. *African Journal of Business Management*. 5. 1397-1407.
- Munisamy, S. & Wong, D. (2013). Ranking Efficiency of Asian Container Ports: A Bootstrap Frontier Approach. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*. 5. 668-690. 10.1504/IJSTL.2013.056884.
- UNCTAD. (2020). Datos económicos. Consultado el 04 de diciembre de 2020, recuperado de: <https://www.un.org/es/sections/wherewework/asiaandpacific/index.html#:~:text=En%20la%20regi%C3%B3n%20de%20Asia,tercios%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20mundial>).
- Nahm, Andrew (1993). *Korea, Tradition and Transformation*, New Jersey, Hollym International Corporation.
- Navarro, J. C. L. (2005). *La Eficiencia del Sector Eléctrico en México: México UMSNH*.
- Navarro-Chávez, J.C. L. & Hernández, Zacarías. (2013). Análisis de la eficiencia técnica global mediante la metodología DEA: Evidencia empírica en la industria eléctrica mexicana en su fase de distribución, 1990-2003. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*. 1. 9-28. 10.33110/rnee.v1i1.66.
- Navarro Chávez, J. C. L.; Ayvar Campos, F. J. & Zamora Torres A. I. (2016). *Desarrollo económico y migración en América Latina, 1980-2013: Un estudio a partir del Análisis Envolvente de Datos*. Trace 70. págs. 149-164.

- Navarro Chávez J.C.L. & Delfín Ortega O. V. (2018). La Eficiencia Económica en los Puertos Del APEC: Un Estudio a través del Análisis De La Envolvente De Datos Con Bootstrap capítulo publicado en China y México en la órbita del mercado mundial del siglo XXI
- Navarro Chávez J.C.L. & Delfín Ortega O. V. (2019). Productividad y eficiencia en los puertos de la región del APEC.
- Navarro Chávez J.C.L. & Delfín Ortega O. V. (2020). Las Principales Terminales de Contenedores Portuarias en el Ámbito Internacional: Un Análisis de Eficiencia Económica Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época Volumen 15 Número 2, Abril - Julio 2020.
- Navarro Chávez J.C.L., González García J. & Delfín Ortega O. V. (2020) La eficiencia de los puertos en el sureste de Asia, 2005-2015: una medición no paramétrica a través del modelo Free Disposal Hull (FDH). México y la Cuenca del Pacífico Vol. 9 Núm. 26 (2020): Mayo-Agosto. Universidad de Guadalajara.
- Norman, M., & Stoker, B. (1991). Data Envelopment Analysis, the Assessment of Performance. England: Jonh Wiley & Sons Ltd.
- Observatorio de Complejidad Económica. (2018). Del sitio: <https://oec.world/>
- OECD. (2016). Ports Policy Review of Chile. The International Transport Forum recuperado de: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/ports-policy-review-chile.pdf>
- OECD (2020), Revenue Statistics in Asian and Pacific Economies 2020, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d47d0ae3-en>.
- Ojeda, J. (2011). La problemática portuaria en México en perspectiva 1982-2004. Hacia nuevos paradigmas. Regulación de infraestructura de Transporte, 121-170.
- OMC. (2019). Informe de Samoa. Órgano de Examen de las Políticas Comerciales WT/TPR/G/386. Recuperado de: [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/tpr\\_s/g386\\_s.pdf](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/tpr_s/g386_s.pdf)
- Padilla, R. (2006). Conceptos de competitividad e instrumentos para medirla. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Sede

Subregional México, Recuperado de [http://www.cepal.org/mexico/capacidadescomerciales/Taller%20Panama/Documentosypresentaciones/3.conceptosdecompetitividad\\_rp.pdf](http://www.cepal.org/mexico/capacidadescomerciales/Taller%20Panama/Documentosypresentaciones/3.conceptosdecompetitividad_rp.pdf)

- Parkin, M. (1995). Microeconomics. Pearson Education.
- PECC. (2019). Consejo de Cooperación Económica del Pacífico. Capítulo 1 - Perspectivas Económicas de Asia y el Pacífico consultado el 03 de abril de 2022 del sitio <https://www.pecc.org/state-of-the-region-reports/282-2019-2020/847-chapter-1-asia-pacific-economic-outlook>
- Pedraja, F. & Salinas, J. (1994). El análisis envolvente de datos (DEA) y su aplicación al Sector Público: una nota introductoria. Hacienda Pública Española, nº 128.
- Perdomo, J. & Mendieta, J. C. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos Desarrollo y Sociedad, núm. 60, julio-diciembre, 2007, pp. 1-45 Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia
- Philippines Foreign Policy and Government Guide. (2006). Country Profile: Philippines. (Marzo de 2006).
- Pinzón, M. J. (2003). Medición de Eficiencia Técnica Relativa en Hospitales Públicos de Baja Complejidad mediante la Metodología Data Envelopment Analysis (DEA). Tesis Magister-Pontificia Universidad Javeriana, 1-100.
- Piñeiro, L. (2016). Competitividad: un camino hacia el desarrollo en América Latina capítulo 3. Análisis sobre competitividad y estrategia. Modelo de dirección estratégica para PyMEs del sector textil confección de la ciudad de Bogotá.
- PMSA, Pacific Merchant Shipping Association. (2018). West Coast Trade Report.
- Polyzos, Serafeim & Niavis, Spyros. (2013). Evaluating port efficiency in the Mediterranean. International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies. 5. 84-100. 10.1504/IJDATS.2013.051742.

- Sativale Mathew Arun (SMA). (2015). Malaysian Ports. Consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: [https://www.sativale.com.my/Practice\\_Areas/Malaysian\\_Ports.php](https://www.sativale.com.my/Practice_Areas/Malaysian_Ports.php)
- PortalPortuario. (2021). Puerto de Tianjin alcanza los 10 millones de TEU en manipulación de contenedores este año. Consultado el 17 de febrero de 2022 del sitio: <https://portalportuario.cl/puerto-de-tianjin-alcanza-los-10-millones-de-teu-en-manipulacion-de-contenedores-este-ano/>
- PortalPortuario. (2021). China: Puerto de Qingdao rompe su récord de manejo de carga de un solo buque por séptima vez. Consultado el 17 de febrero de 2022 del sitio: <https://portalportuario.cl/china-puerto-de-qingdao-rompe-su-record-de-manejo-de-carga-de-un-solo-buque-por-septima-vez/>
- PortalPortuario. (2021). Puertos marítimos de Corea del Sur movilizan 8,1% más carga en el tercer trimestre. Consultado el 03 de abril de 2022 del sitio: <https://portalportuario.cl/puertos-maritimos-de-corea-del-sur-movilizan-81-mas-carga-en-el-tercer-trimestre/>
- PortTechnology. (2021). Canadian government launches system to improve trade at Port of Vancouver consultado el 04 de febrero de 2022 del sitio: <https://www.porttechnology.org/news/canadian-government-launches-system-to-improve-trade-at-port-of-vancouver/>
- Porter, M. (1990). The competitive advantage of nations. Cambridge, Estados Unidos: Harvard Business Review. Marzo-abril.
- Procolombia. (2015). Procolombia. Recuperado de [www.procolombia.co](http://www.procolombia.co)
- Puerto de Manzanillo Sistema Portuario Mexicano. (2018). Puerto de Manzanillo Handbook. Recuperado del sitio: <http://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/HandBook.pdf>
- Rajasekar, T. (2012). The Size Effect of Indian Major Ports on its Efficiency Using Dea-Additive Models. International Journal of Advances in Management and Economics. 1. 12-18. 10.31270/ijame/01/05/2012/03.
- Rincón Soto I.B., L. J. Arango Buelvas & Torres Yarzagaray O.J. (2016). Metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA), Procesos Administrativos y Operacionales de las Políticas Gubernamentales en los

Países Latinoamericanos. Tlatemoani Revista Académica de Investigación. Editada por Eumed.net No. 22 – Agosto 2016 España ISSN: 19899300.

- Rødseth, K.L., Wangsness, P.B., Schøyen, H. (2020). Port efficiency and emissions from ships at berth: application to the Norwegian port sector. *Marit Econ Logist* 22, 585–609 (2020). <https://doi.org/10.1057/s41278-019-00146->
- Rúa, C. (2006). Los Puertos en el Transporte Marítimo. *Enginyeria d'Organització i Logística Industrial*, 1-21.
- Saha, R. (2015). Port Development in Bangladesh. *European Journal of Business and Management*.
- Saigon New Port Corporation (SNPC). (2022). Saigon Newport Corporation consultado el 03 de abril de 2022 en el sitio: <https://saigonnewport.com.vn/en>
- Sánchez J. R. (2020). Latin America and the Caribbean: the port terminal industry and activity indicators for 2019. *Facilitation Of Transport And Trade In Latin America And The Caribbean*. CEPAL. Number 4 / 2020 / ISSN: 1564-4227 recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46175/1/S2000559\\_en.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46175/1/S2000559_en.pdf).
- Schuschny A. (2007). El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe. *Estudios estadísticos y prospectivos CEPAL*.
- Secretaría de Economía. (2018). Ficha Técnica TIPAT. Consultado en el sitio: <https://www.gob.mx/tratado-de-asociacion-transpacifico/articulos/el-tipat-entra-en-vigor-y-abre-nuevos-mercados-para-mexico-186182>
- Seiford, L.M. (1996): DEA: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). *The Journal of Productivity Analysis*, 7.
- Seijas, A. (2004). Análisis de la Eficiencia Técnica en la educación Secundaria. En *Revista Galega de Economía* Vol. 13.
- Serebrisky T., Morales J., Suárez-Alemán A., Araya G., Briceño-Garmendía C. & Schwartz J. (2016). Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean, *Transport Policy*, Volume 45, páginas 31-45, ISSN 0967-070X.

- Simar, L. & Wilson, P. (1998). Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*, 44(1), 49-61.
- SRE. (2013). Seminario de Política Exterior y Agenda Global Senado de la República, 3 de abril de 2013.
- Sumanth. D. (1990). *Ingeniería y Administración de la Productividad; medición, evaluación, planeación y mejoramiento de la productividad en las organizaciones de manufactura y servicio*. México: Mc Graw-Hill.
- Talley, W.K. (1994). Performance indicators and port performance evaluation. *Logistics and Transportation Review* 30 (4), 339–352.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis. A Foundation Text with Integrated Software*. Birmingham, Inglaterra: Springer.
- Tokyo Port Terminal Corporation. (2015). <http://www.tptc.co.jp/en/terminal/port//tabid/830/Default.aspx> consultado el 07 de diciembre de 2020.
- 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.
- TPP. (2020). Tumaco Pacific Port. Consultado el 06 de diciembre de 2020 del sitio: <http://www.infraestructura.org.co/descargas/Nari%C3%B1o/6.%20Andr%C3%A9s%20Tarquino%20-%20Gerente%20Tumaco%20Pacifico%20Port.pdf>
- Traslosheros G. (2021). México y el Mecanismo de Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC). México y la cuenca del pacífico, vol. 8, núm. 23, pp. 9-22, 2019. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Estudios del Pacífico.
- Tulkens, H. (1986). "The performance approach in public sector economics: An introduction and an example", *Annales de l'économie publique, sociale et cooperative* 57(4), 1986,429-443.

- Tulkens, H. (1993). On FDH Efficiency Analysis: Some Methodological Issues and Applications to Retail Banking, Courts, and Urban Transit", *Journal of Productivity Analysis* 4(1-2), 1993, 183-210.
- UNCTAD. (2019). Informe sobre el Transporte Marítimo. UNCTAD Secretariat. Ginebra.
- UNCTAD. (1992). "Development and improvement of ports. The principles of modern port management and organization", UNCTAD Secretariat. Ginebra.
- Valles Romero J. A. & Gaviño Ortiz G. (2011). Logística en la Economía Mundial, en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 156. Revista académica de economía con el Número Internacional Normalizado De Publicaciones Seriadas ISSN 1696-8352.
- Van Dyck, G. (2015) Assessment of Port Efficiency in West Africa Using Data Envelopment Analysis. *American Journal of Industrial and Business Management*, 5, 208-218. doi: 10.4236/ajibm.2015.54023.
- Varian H. R. (2010). *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*, 8ª Edición. W. W. University of California at Berkeley. Norton & Company, Inc. ISBN 978-0-393-93424-3
- Vincová K. (2005). *Using DEA Models to Measure Efficiency*. Technical University Košice.
- Wang T., Cullinane & K. Song D. (2005). *Container Port Production and Economic Efficiency*. Palgrave Macmillan, New York.
- Wang, T., Song, D. W., & Cullinane, K. (2002). The Applicability of Data Envelopment Analysis to Efficiency Measurement of Container Ports. *Proceedings of the International Association of Maritime Economists Conference*.
- Warninda, T. (2015). Efficiency - Profitability Mapping of Shipping and Marine Transportation Companies: Evidence from Indonesia. *Mediterranean Journal Of Social Sciences*, 6(5 S5), 230. Retrieved from <https://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/7902>

- WITS. World Integrated Trade Solution. (2018). Asia oriental y el Pacífico (todos los niveles de ingreso) Estadísticas del comercio. Recuperado del sitio: <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/es/EAS>
- World Bank Group. (2014). Peru: Port Callao Norte Public-Private Partnerships.
- World Shipping Council. 2019. Del sitio: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports>
- Wu, Huaqing & Wu, Jie & Liang, Liang & Li, Yongjun. (2012). Efficiency assessment of Chinese logistics firms using DEA. *Int. J. of Shipping and Transport Logistics*. 4. ng and Transport Logistics. 10.1504/IJSTL.2012.047485.
- Yarad, A. J. (1990). Un Nuevo Esquema de Regulación de Monopolios Naturales. *Estudios Públicos* 37, 165-226.
- Zamora Torres A. I. & Sierens V. (2014). Competitividad de los servicios logísticos del comercio exterior en la Cuenca del Pacífico. *Portes, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico Tercera época, Volumen 8, ISSN 1870-6800*.
- Zepeda-Ortega I. E., Ángeles-Castro G. & Carrillo-Murillo D. G. Infraestructura portuaria y crecimiento económico regional en México. *Economía, Sociedad y Territorio*. (2017). Vol. xvii, núm. 54.
- Ziauddin, Mohammed, Hasan & Hossain, Md. (2019). Implementation of Deep-Sea Port in Bangladesh: Demand and Dilemma.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz metodológica

<b>MATRIZ METODOLÓGICA</b>					
<b>Título:</b> La Eficiencia Logística Portuaria de Asia-Pacífico en el Periodo 2010-2019: Un Análisis a Través de la Envolvente de Datos (DEA)					
<b>Problemática:</b> ¿Cuál ha sido el nivel de eficiencia en los puertos pertenecientes a la región Asia-Pacífico en el periodo 2010- 2019 y qué factores determinaron este comportamiento?					
Preguntas de investigación	Objetivos	Hipótesis	Áreas de la Eficiencia Logística	Variables	Dimensión
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Eficiencia Logística Portuaria de la región Asia-Pacífico</b>	<b>Y Output:</b> a. TEU's movilizados anualmente en los puertos de Asia-Pacífico.  b. Toneladas movilizadas anualmente en los puertos de Asia-Pacífico.	
¿Cuál ha sido el nivel de eficiencia en los puertos pertenecientes a la región Asia-Pacífico en el periodo 2010-2019 y qué factores determinaron este comportamiento?	Determinar el nivel de eficiencia en los puertos pertenecientes a la región Asia-Pacífico en el periodo 2010- 2019 y conocer los factores que lo determinan.	La Eficiencia de los puertos pertenecientes a la región Asia- Pacífico, en el periodo 2010-2019, está determinada por la longitud del muelle, las grúas pórtico, el número de trabajadores y el movimiento de TEU's y toneladas reportadas anualmente.	<b>Mano de obra, infraestructura y capital de los puertos representativos de la región Asia- Pacífico</b>	<b>X Inputs:</b> a. Número de trabajadores b. Longitud de muelle c. Grúas pórtico con los que cuentan los puertos de Asia-Pacífico.	Técnica, tecnológica y organizacional.

## Anexo 2. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2010

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.4504649	0.459977517	0.979319387	Creciente
Auckland	0.426034001	0.461721864	0.92270701	Creciente
Brisbane	0.286154449	0.289220673	0.989398323	Creciente
Buenaventura	0.166468345	0.17135527	0.971480743	Creciente
Callao	0.497130865	0.51508705	0.965139515	Creciente
Cartagena	0.402371691	0.415104637	0.969325936	Creciente
Chennai	0.680697985	0.723183869	0.941251615	Creciente
Chittagong	1	1	1	Constante
Colombo	0.805388445	0.809408152	0.99503377	Creciente
Ensenada	0.103209239	0.123651049	0.834681468	Creciente
Fremantle	0.846768792	0.9922482	0.853384054	Creciente
Iquique	0.306459215	0.385967967	0.794001681	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.562063638	0.567711223	0.990052011	Creciente
Klang	0.595228142	0.604162857	0.985211413	Decreciente
Lázaro Cárdenas	0.052214137	0.064318725	0.81180305	Decreciente
Long Beach	0.633470417	0.650962916	0.973128271	Decreciente
Los Ángeles	0.598779097	0.647371365	0.924939115	Decreciente
Manila	0.400186396	0.400554691	0.999080537	Creciente
Manzanillo	0.279754618	0.286102211	0.977813545	Creciente
Melbourne	0.875861645	0.89062573	0.983422796	Creciente
Mongla	0.117010849	0.147187659	0.794977311	Creciente
Napier	0.177376947	0.207211134	0.856020348	Creciente
Oakland	0.328266165	0.33618917	0.976432896	Creciente
Paita	0.401285992	1	0.401285992	Creciente
Penang	0.740614072	1	0.740614072	Creciente
Prince Rupert	0.440188947	0.615719353	0.71491816	Creciente
Qingdao	1	1	1	Constante
San Antonio	0.220385056	0.226094531	0.974747397	Creciente
Shanghái	0.9067616	1	0.9067616	Decreciente
Shenzhen	1	1	1	Constante
Sídney	0.656186924	0.703202692	0.933140518	Creciente
Singapur	1	1	1	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.24250885	0.279935848	0.866301516	Creciente
Tanjung Pelepas	0.454743811	0.474936513	0.957483366	Decreciente
Tanjung Perak	0.30165815	0.302635148	0.996771696	Creciente
Tanjung Priok	1	1	1	Constante
Tauranga	0.233977245	0.244353277	0.957536759	Creciente
Tianjin	1	1	1	Constante
Valparaíso	0.381432122	0.399654034	0.954405784	Creciente
Vancouver	1	1	1	Constante
Yokohama	0.409327935	0.410591171	0.996923373	Decreciente
<b>Promedio</b>	<b>0.536108065</b>	<b>0.580645036</b>	<b>0.924134025</b>	

### Anexo 3. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2011

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.414248311	0.421296978	0.983269126	Creciente
Auckland	0.40346875	0.429982263	0.938338124	Creciente
Brisbane	0.370638462	0.373461483	0.99244093	Creciente
Buenaventura	0.149238894	0.152513082	0.978531752	Creciente
Callao	0.667464155	0.746467624	0.89416357	Creciente
Cartagena	0.446603813	0.471476336	0.947245447	Creciente
Chennai	0.592174139	0.632734124	0.93589727	Creciente
Chittagong	0.991988187	1	0.991988187	Creciente
Colombo	0.22082797	0.23480492	0.940474201	Decreciente
Ensenada	0.123830471	0.156817831	0.789645351	Creciente
Fremantle	0.89834714	1	0.89834714	Creciente
Iquique	0.250965852	0.301159895	0.833330917	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.54053561	0.550835081	0.981302078	Creciente
Klang	0.608049735	0.618846101	0.982554037	Decreciente
Lázaro Cárdenas	0.052111443	0.06544622	0.796248326	Decreciente
Long Beach	0.678793959	0.697691544	0.972914126	Decreciente
Los Ángeles	0.713703336	0.716221045	0.996484732	Decreciente
Manila	0.753850645	0.764942405	0.985499875	Creciente
Manzanillo	0.31014856	0.315927613	0.981707669	Creciente
Melbourne	1	1	1	Constante
Mongla	0.125446833	0.149998081	0.836322919	Creciente
Napier	0.193299519	0.221103767	0.874247967	Creciente
Oakland	0.322945022	0.329618997	0.979752459	Creciente
Paita	0.475111728	1	0.475111728	Creciente
Penang	0.72499572	1	0.72499572	Creciente
Prince Rupert	0.469840427	0.655408116	0.716866965	Creciente
Qingdao	1	1	1	Constante
San Antonio	0.244733966	0.250800095	0.975812894	Creciente
Shanghái	0.904369806	1	0.904369806	Decreciente
Shenzhen	1	1	1	Constante
Sidney	0.626512488	0.663124277	0.944788948	Creciente
Singapur	1	1	1	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.232694299	0.272750002	0.853141326	Creciente
Tanjung Pelepas	0.409806025	0.483651378	0.847316981	Decreciente
Tanjung Perak	0.254176812	0.254975557	0.996867367	Creciente
Tanjung Priok	1	1	1	Constante
Tauranga	0.420826407	0.44942788	0.936360262	Creciente
Tianjin	1	1	1	Constante
Valparaíso	0.389454322	0.431668625	0.902206693	Creciente
Vancouver	1	1	1	Constante
Yokohama	0.354790323	0.354867458	0.999782637	Decreciente
<b>Promedio</b>	<b>0.54478032</b>	<b>0.589463873</b>	<b>0.921666525</b>	

#### Anexo 4. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2012

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.401351	0.407815	0.984148	Creciente
Auckland	0.294520	0.313834	0.938458	Creciente
Brisbane	0.378540	0.382089	0.990711	Creciente
Buenaventura	0.167824	0.171318	0.979600	Creciente
Callao	0.748072	0.810821	0.922610	Creciente
Cartagena	0.514227	0.541070	0.950391	Creciente
Chennai	0.615997	0.669952	0.919465	Creciente
Chittagong	0.992877	1.000000	0.992877	Creciente
Colombo	0.199406	0.219128	0.909999	Decreciente
Ensenada	0.100331	0.119545	0.839276	Creciente
Fremantle	0.936670	1.000000	0.936670	Creciente
Iquique	0.255857	0.302884	0.844735	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.526335	0.536527	0.981003	Creciente
Klang	0.598780	0.606425	0.987392	Decreciente
Lázaro Cárdenas	0.064622	0.075317	0.857999	Decreciente
Long Beach	0.626308	0.652612	0.959694	Decreciente
Los Ángeles	0.599706	0.603974	0.992934	Decreciente
Manila	0.468724	0.472608	0.991781	Creciente
Manzanillo	0.381465	0.389230	0.980048	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.146428	0.168920	0.866849	Creciente
Napier	0.183089	0.206571	0.886323	Creciente
Oakland	0.305107	0.311022	0.980984	Creciente
Paita	0.516273	1.000000	0.516273	Creciente
Penang	0.742656	1.000000	0.742656	Creciente
Prince Rupert	0.544845	0.754512	0.722115	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.286376	0.294242	0.973269	Creciente
Shanghái	0.854487	1.000000	0.854487	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.467115	0.484909	0.963305	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.267330	0.331773	0.805760	Creciente
Tanjung Pelepas	0.359771	0.464598	0.774370	Decreciente
Tanjung Perak	0.271018	0.272069	0.996136	Creciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.510946	0.543310	0.940433	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.363311	0.403182	0.901108	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.344231	0.344818	0.998299	Creciente
<b>Promedio</b>	<b>0.537429175</b>	<b>0.581831185</b>	<b>0.923955047</b>	

## Anexo 5. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2013

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.381630	0.387969	0.983662	Creciente
Auckland	0.357132	0.382160	0.934510	Creciente
Brisbane	0.368764	0.372765	0.989266	Creciente
Buenaventura	0.162709	0.166330	0.978234	Creciente
Callao	0.919320	1.000000	0.919320	Creciente
Cartagena	0.482563	0.507366	0.951114	Creciente
Chennai	0.579255	0.637297	0.908925	Creciente
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.211998	0.223293	0.949417	Decreciente
Ensenada	0.066482	0.069952	0.950384	Creciente
Fremantle	0.954901	1.000000	0.954901	Creciente
Iquique	0.260275	0.311072	0.836701	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.520676	0.529331	0.983649	Creciente
Klang	0.624097	0.624237	0.999777	Creciente
Lázaro Cárdenas	0.055735	0.066081	0.843431	Decreciente
Long Beach	0.685373	0.697051	0.983247	Decreciente
Los Ángeles	0.608296	0.630777	0.964358	Decreciente
Manila	0.468893	0.473297	0.990695	Creciente
Manzanillo	0.391768	0.400016	0.979381	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.169142	0.197820	0.855027	Creciente
Napier	0.188557	0.212695	0.886513	Creciente
Oakland	0.300175	0.306090	0.980675	Creciente
Paita	0.508363	1.000000	0.508363	Creciente
Penang	0.739926	1.000000	0.739926	Creciente
Prince Rupert	0.425000	0.532590	0.797987	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.302799	0.311251	0.972844	Creciente
Shanghái	0.885979	1.000000	0.885979	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.477827	0.496398	0.962588	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.292600	0.374230	0.781873	Creciente
Tanjung Pelepas	0.354651	0.446639	0.794043	Decreciente
Tanjung Perak	0.288649	0.290067	0.995111	Creciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.503649	0.535863	0.939884	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.367182	0.387537	0.947477	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.311678	0.311764	0.999724	Creciente
<b>Promedio</b>	<b>0.541854701</b>	<b>0.582486301</b>	<b>0.930463093</b>	

## Anexo 6. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2014

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.363015	0.377884	0.960653	Creciente
Auckland	0.337735	0.411994	0.819757	Creciente
Brisbane	0.359823	0.374267	0.961407	Creciente
Buenaventura	0.155461	0.164174	0.946931	Creciente
Callao	0.882849	1.000000	0.882849	Creciente
Cartagena	0.517278	0.543915	0.951028	Creciente
Chennai	0.554757	0.711801	0.779371	Creciente
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.233194	0.264459	0.881777	Decreciente
Ensenada	0.064537	0.075796	0.851454	Creciente
Fremantle	0.982777	1.000000	0.982777	Creciente
Iquique	0.244507	1.000000	0.244507	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.536770	0.544663	0.985510	Creciente
Klang	0.657632	0.657642	0.999984	Creciente
Lázaro Cárdenas	0.049554	0.063507	0.780282	Decreciente
Long Beach	0.674002	0.684114	0.985219	Decreciente
Los Ángeles	0.586154	0.600851	0.975540	Decreciente
Manila	0.459544	0.460848	0.997171	Creciente
Manzanillo	0.404696	0.440911	0.917862	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.145378	0.166609	0.872569	Creciente
Napier	0.178327	0.265536	0.671575	Creciente
Oakland	0.295025	0.309218	0.954101	Creciente
Paita	0.410363	1.000000	0.410363	Creciente
Penang	0.691276	1.000000	0.691276	Creciente
Prince Rupert	0.361004	0.954069	0.378384	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.230052	0.253558	0.907294	Creciente
Shanghái	0.632814	1.000000	0.632814	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.494381	0.545061	0.907020	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.325519	0.675558	0.481851	Creciente
Tanjung Pelepas	0.348818	0.467557	0.746045	Decreciente
Tanjung Perak	0.284248	0.289507	0.981835	Creciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.533138	0.671446	0.794015	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.365241	0.386749	0.944388	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.283368	0.285022	0.994197	Creciente
<b>Promedio</b>	<b>0.52788381</b>	<b>0.625529599</b>	<b>0.860287952</b>	

## Anexo 7. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2015

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.408925	0.426867	0.957969	Creciente
Auckland	0.345973	0.435982	0.793548	Creciente
Brisbane	0.332368	0.351142	0.946534	Creciente
Buenaventura	0.171964	0.182494	0.942299	Creciente
Callao	0.695635	0.757618	0.918187	Creciente
Cartagena	0.554140	0.631029	0.878153	Creciente
Chennai	0.525469	0.678659	0.774275	Creciente
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.225616	0.270476	0.834144	Decreciente
Ensenada	0.084333	0.100586	0.838414	Creciente
Fremantle	0.821650	1.000000	0.821650	Creciente
Iquique	0.224842	1.000000	0.224842	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.470911	0.491853	0.957423	Creciente
Klang	0.628173	0.635525	0.988432	Decreciente
Lázaro Cárdenas	0.052881	0.060123	0.879534	Decreciente
Long Beach	0.693532	0.695471	0.997212	Decreciente
Los Ángeles	0.620677	0.624181	0.994386	Decreciente
Manila	0.505987	0.514800	0.982881	Creciente
Manzanillo	0.421077	0.456304	0.922799	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.169938	0.238541	0.712406	Creciente
Napier	0.133182	0.179525	0.741857	Creciente
Oakland	0.294298	0.308918	0.952674	Creciente
Paita	0.300415	1.000000	0.300415	Creciente
Penang	0.724981	1.000000	0.724981	Creciente
Prince Rupert	0.433436	1.000000	0.433436	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.175997	0.191890	0.917180	Creciente
Shanghái	0.526228	1.000000	0.526228	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.505764	0.556776	0.908379	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.356760	0.775065	0.460297	Creciente
Tanjung Pelepas	0.332561	0.475942	0.698743	Decreciente
Tanjung Perak	0.238391	0.238679	0.998793	Decreciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.528116	0.669285	0.789075	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.329373	0.394284	0.835371	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.271576	0.274381	0.989777	Creciente
<b>Promedio</b>	<b>0.51476024</b>	<b>0.624790134</b>	<b>0.844934063</b>	

## Anexo 8. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacífico para 2016

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.435159	0.452047	0.962642	Creciente
Auckland	0.316214	0.383299	0.824979	Creciente
Brisbane	0.377804	0.403577	0.936138	Creciente
Buenaventura	0.175635	0.188503	0.931740	Creciente
Callao	0.756897	0.834872	0.906602	Creciente
Cartagena	0.542415	0.626194	0.866209	Creciente
Chennai	0.576618	0.727074	0.793066	Creciente
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.266515	0.299654	0.889412	Decreciente
Ensenada	0.083673	0.107449	0.778726	Creciente
Fremantle	0.861353	1.000000	0.861353	Creciente
Iquique	0.324222	1.000000	0.324222	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.487876	0.507026	0.962230	Creciente
Klang	0.750042	0.750436	0.999475	Creciente
Lázaro Cárdenas	0.063501	0.063557	0.999115	Creciente
Long Beach	0.666408	0.671068	0.993055	Decreciente
Los Ángeles	0.650342	0.651109	0.998822	Decreciente
Manila	0.579933	0.598366	0.969194	Creciente
Manzanillo	0.492355	0.532886	0.923940	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.203543	0.278749	0.730201	Creciente
Napier	0.154493	0.212673	0.726431	Creciente
Oakland	0.347164	0.364305	0.952950	Creciente
Paita	0.342367	1.000000	0.342367	Creciente
Penang	0.701567	1.000000	0.701567	Creciente
Prince Rupert	0.419372	0.835531	0.501923	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.198952	0.199829	0.995613	Creciente
Shanghái	0.572665	1.000000	0.572665	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.539579	0.585449	0.921650	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.482755	0.886123	0.544794	Creciente
Tanjung Pelepas	0.277007	0.393874	0.703289	Decreciente
Tanjung Perak	0.210829	0.211090	0.998766	Creciente
Tanjung Priok	0.987813	1.000000	0.987813	Creciente
Tauranga	0.553805	0.679794	0.814666	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.335414	0.387239	0.866167	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.224861	0.226621	0.992235	Creciente
<b>Promedio</b>	<b>0.535588901</b>	<b>0.635570589</b>	<b>0.86034177</b>	

## Anexo 9. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2017

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.401825	0.415074	0.968080	Creciente
Auckland	0.339215	0.400158	0.847702	Creciente
Brisbane	0.402116	0.433100	0.928460	Creciente
Buenaventura	0.318892	0.320890	0.993773	Creciente
Callao	0.712268	0.782178	0.910621	Creciente
Cartagena	0.623662	0.719738	0.866513	Creciente
Chennai	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.301079	0.338601	0.889184	Decreciente
Ensenada	0.101119	0.120758	0.837368	Creciente
Fremantle	0.869795	1.000000	0.869795	Creciente
Iquique	0.386130	1.000000	0.386130	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.489021	0.495988	0.985955	Creciente
Klang	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Lázaro Cárdenas	0.113762	0.159494	0.713271	Decreciente
Long Beach	0.685731	0.686749	0.998518	Decreciente
Los Ángeles	0.653898	0.657146	0.995058	Decreciente
Manila	0.744646	0.744774	0.999828	Decreciente
Manzanillo	0.622440	0.659099	0.944380	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.587753	1.000000	0.587753	Creciente
Napier	0.185946	0.246325	0.754880	Creciente
Oakland	0.333621	0.348381	0.957631	Creciente
Paita	0.336737	1.000000	0.336737	Creciente
Penang	0.683484	0.944501	0.723646	Creciente
Prince Rupert	0.748917	1.000000	0.748917	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.187115	0.192322	0.972924	Creciente
Shanghái	0.863943	1.000000	0.863943	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.572805	0.623902	0.918101	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.364863	0.378693	0.963478	Creciente
Tanjung Pelepas	0.331308	0.393857	0.841189	Decreciente
Tanjung Perak	0.199976	0.201324	0.993308	Decreciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.635022	0.772562	0.821969	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.370059	0.476978	0.775840	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.574307	0.768275	0.747528	Decreciente
<b>Promedio</b>	<b>0.603450063</b>	<b>0.689777199</b>	<b>0.88152388</b>	

## Anexo 10. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2018

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.384418	0.396998	0.968313	Creciente
Auckland	0.305015	0.362067	0.842427	Creciente
Brisbane	0.647925	0.753051	0.860400	Creciente
Buenaventura	0.303306	0.320508	0.946329	Creciente
Callao	0.741258	0.816724	0.907600	Creciente
Cartagena	0.745885	0.949375	0.785659	Creciente
Chennai	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Chittagong	0.627875	1.000000	0.627875	Creciente
Colombo	0.288150	0.343350	0.839230	Decreciente
Ensenada	0.107851	0.132107	0.816392	Creciente
Fremantle	0.669722	0.788804	0.849034	Creciente
Iquique	0.279989	1.000000	0.279989	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.454213	0.471534	0.963268	Creciente
Klang	0.742477	0.744025	0.997919	Creciente
Lázaro Cárdenas	0.057018	0.075023	0.759999	Decreciente
Long Beach	0.700980	0.701928	0.998650	Creciente
Los Ángeles	0.632390	0.634722	0.996326	Creciente
Manila	0.660817	0.674894	0.979142	Creciente
Manzanillo	0.555851	0.595481	0.933449	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.564210	1.000000	0.564210	Creciente
Napier	0.160581	0.212850	0.754434	Creciente
Oakland	0.333802	0.348698	0.957282	Creciente
Paita	0.390213	1.000000	0.390213	Creciente
Penang	0.752026	1.000000	0.752026	Creciente
Prince Rupert	0.299132	0.435963	0.686141	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.212340	0.230604	0.920798	Creciente
Shanghai	0.677976	1.000000	0.677976	Decreciente
Shenzhen	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Sídney	0.605345	0.661776	0.914728	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.237669	0.245943	0.966357	Creciente
Tanjung Pelepas	0.322417	0.407697	0.790825	Decreciente
Tanjung Perak	0.192571	0.194632	0.989411	Decreciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.593447	0.723790	0.819916	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.324185	0.512309	0.632793	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.211937	0.258506	0.819854	Decreciente
<b>Promedio</b>	<b>0.555682707</b>	<b>0.658374603</b>	<b>0.853389319</b>	

## Anexo 11. Resultados DEA de eficiencia portuaria Asia-Pacifico para 2019

DMU	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Rendimiento
Alianza Seattle y Tacoma	0.372318	0.384201	0.969071	Creciente
Auckland	0.230190	0.270949	0.849569	Creciente
Brisbane	0.369332	0.400307	0.922622	Creciente
Buenaventura	0.219473	0.229373	0.956838	Creciente
Callao	0.697752	0.762929	0.914570	Creciente
Cartagena	0.707744	0.831656	0.851005	Creciente
Chennai	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Chittagong	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Colombo	0.271398	0.327618	0.828397	Decreciente
Ensenada	0.114167	0.136869	0.834132	Creciente
Fremantle	0.648847	0.773222	0.839148	Creciente
Iquique	0.263152	1.000000	0.263152	Creciente
Jawaharlal Nehru	0.398118	0.401428	0.991755	Decreciente
Klang	0.761233	0.771886	0.986198	Decreciente
Lázaro Cárdenas	0.056529	0.070658	0.800047	Decreciente
Long Beach	0.672239	0.677076	0.992855	Decreciente
Los Ángeles	0.660715	0.673144	0.981535	Decreciente
Manila	0.447764	0.450322	0.994320	Creciente
Manzanillo	0.475831	0.497781	0.955904	Creciente
Melbourne	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Mongla	0.545324	1.000000	0.545324	Creciente
Napier	0.149877	0.194894	0.769020	Creciente
Oakland	0.310268	0.323156	0.960118	Creciente
Paita	0.412418	1.000000	0.412418	Creciente
Penang	0.743008	1.000000	0.743008	Creciente
Prince Rupert	0.289633	0.944546	0.306638	Creciente
Qingdao	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
San Antonio	0.195731	0.204149	0.958765	Creciente
Shanghái	0.687702	1.000000	0.687702	Decreciente
Shenzhen	0.923925	0.992782	0.930642	Decreciente
Sídney	0.523797	0.565610	0.926075	Creciente
Singapur	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Syama Prasad Mookerjee	0.260995	0.277029	0.942122	Creciente
Tanjung Pelepas	0.274511	0.382672	0.717351	Decreciente
Tanjung Perak	0.162676	0.180165	0.902928	Decreciente
Tanjung Priok	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Tauranga	0.571734	0.683379	0.836628	Creciente
Tianjin	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Valparaíso	0.273922	0.417844	0.655560	Creciente
Vancouver	1.000000	1.000000	1.000000	Constante
Yokohama	0.223723	0.259360	0.862594	Decreciente
<b>Promedio</b>	<b>0.534537667</b>	<b>0.636219649</b>	<b>0.855805147</b>	