



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

**TESIS DOCTORAL**

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETERMINANTES  
EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD POR LÍNEA  
DE ATRAQUE DE UNA TERMINAL DE  
CONTENEDORES: PROPUESTA DE NIVELES DE  
SERVICIO EN SU CONCESIONAMIENTO

AUTOR

Arturo MONFORT MULINAS

DIRECTOR

José AGUILAR HERRANDO

VALENCIA, Octubre de 2015



“La planificación a largo plazo no es pensar en decisiones futuras, sino en el futuro de las decisiones presentes”

Peter Druker (1909 - 2005)



# Agradecimientos

A mis entrañables compañeros en tantas escalas Noemí Monterde, Ana Martín-Soberón, Paula Vieira, Rafael Sapiña y David Calduch.

A mi director de tesis, Pepe Aguilar, sólida ayuda en la navegación.

A mis hijos, Paola y Javier, a los que tomé tantas horas prestadas.

A mis padres que hicieron posible la aventura con generosas dosis de cercanía y cariño desde el primer día.

A todos ellos y a cada uno muchas gracias de corazón.



# Resumen

La estimación de la capacidad de una terminal de contenedores es una tarea imprescindible en el dinámico ejercicio de planificación y explotación portuaria que se desarrolla con la participación del sector público y el privado en el modelo de gestión bautizado con el apelativo de *landlord*.

En el caso del tráfico marítimo-portuario de contenedores la evolución viene siendo vertiginosa tanto en términos de volumen de tráfico como en la dimensión de los buques, que han alcanzado los 21.000 TEUs de capacidad con crecientes exigencias de productividad en sus escalas portuarias.

El amplio y difuso ámbito de la temática que aborda el rendimiento, desempeño o performance portuario requiere articular de forma sólida los conceptos de productividad, eficiencia, nivel de servicio y capacidad al objeto de acometer un dimensionamiento de las infraestructuras y equipos acorde con la demanda.

En la tesis se analizan los factores que determinan la capacidad por línea de atraque de las terminales de contenedores desde la perspectiva del concepto de nivel de servicio que expresa la expectativa de oferta de los navieros. Así, se incorporan el concepto de productividad de buque atracado y el de espera relativa o calidad de servicio como elementos básicos del nivel de servicio. Finalmente, se propone una metodología para incluir de manera dinámica con el tiempo tales conceptos en los contratos de concesionamiento de terminales de contenedores.



# Resum

L'estimació de la capacitat d'un terminal de contenidors es una tasca imprescindible en el dinamic eixercici de planificació i explotació portuària que se desenvolupa en la participació del sector públic i el privat en el model de gestió batejada en l'apelatiu de Landlord.

En el cas del tràfic marítim-portuari de contenidors l'evolució ve sent vertiginosa tant en termes de volum de tràfic com en la dimensió dels bucs, que han alcançat els 21.000 TEUS de capacitat en creixents exigències de productivitat en les seues escales en ports.

L'ample i difus àmbit de la temàtica que aborda el rendiment, desempenyament o "Performance" portuari requereix articular de forma sòlida els conceptes de productivitat, eficiència, nivell de servei i capacitat a l'objecte d'acometre un dimensionament de les infraestructures i equips acort en la demanda.

En la tesi s'analisen els factors que determinen la capacitat per línia d'atrancament dels terminals de contenidors des de la perspectiva del concepte de nivell de servei que expressa l'expectativa d'oferta dels naviers. Aixina, s'incorporen el concepte de productivitat de buc atrancat i el d'espera relativa o qualitat de servei com elements bàsics del nivell de servei. Finalment, se proposen una metodologia per a incloure de manera dinàmica en el temps tals conceptes en els contractes de concessió de terminals de contenidors.

---

# Abstract

Estimating the capacity of a container terminal is a necessary task for the dynamic exercise of planning and exploitation of ports, which in the case of Landlord Model it is done with the participation of public and private agents.

In the case of port and shipping container traffic, the evolution is dizzying, not only in terms of volumes of the traffic but on vessel size, which already reached 21.000 teus of vessel capacity in recent building contract, with raising demand of productivity at port terminals where they call.

The wide and broad scope of this thematic related to performance, throughput and port productivity brings the need to articulate solidly the concepts of productivity, efficiency, service level and capacity, with the objective of making the dimensioning of infrastructures and equipment matching the demand.

The thesis includes the analysis of the factors that determine the berth capacity of the container terminals from the perspective of the service level concept, which express the quality of service expectation from Shipping Lines. Thus, the concept of Productivity per berthed vessel is incorporated, and this together to the comparative waiting time to berth or Quality of service, both together as the basic elements of the service level. Finally, a methodology is proposed to dynamically in time incorporate these concepts in the concession contracts of container terminals.

---

**ÍNDICE**

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>i</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resum .....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xxxi</b>
<b>LISTADO DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>xxxvii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>I Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>II Objetivos y metodología de la tesis doctoral.....</b>	<b>5</b>
<b>II.1. Objetivos de la investigación .....</b>	<b>6</b>
<b>II.2. Metodología de la investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>II.2.1. Preguntas de la investigación (Etapa 1) .....</b>	<b>8</b>

II.2.2. Determinación de la metodología de la investigación (Etapa 2 y siguientes) .....	8
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>11</b>
<b>III Gobernanza portuaria: Planificación y explotación .....</b>	<b>11</b>
III.1. Gobernanza portuaria.....	12
III.1.1. Modelos de gestión portuaria.....	15
III.1.2. Funciones de regulación, <i>landlord</i> (planificación) y operación .....	17
III.2. Planificación portuaria .....	18
III.2.1. Planificación estratégica .....	19
III.2.1.1. Análisis y diagnóstico de la situación actual .....	21
III.2.1.2. Declaración de misión, visión y valores.....	22
III.2.1.3. Definición de la estrategia y de la propuesta de valor ....	23
III.2.1.4. Formulación de un plan de acción .....	24
III.2.1.5. Seguimiento y control .....	25
III.2.2. Plan director de infraestructuras (Plan Maestro) .....	26
III.3. Explotación portuaria: Los contratos de concesión de terminales .....	29
III.3.1. Concepto de terminal: Subsistemas.....	29
III.3.2. El contrato de concesión de una terminal de contenedores.....	32
III.3.3. Planificación y gestión de una TC: la línea de atraque.....	37

---

III.3.3.1. Necesidades estratégicas de una terminal.....	39
III.3.3.2. Decisiones operacionales en TCs: clasificación .....	44
III.3.3.3. La gestión de la línea de atraque.....	47
III.4. Síntesis del capítulo tercero .....	48
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>49</b>
<b>IV Evolución del transporte marítimo y tráfico portuario en contenedor y de su gestión.....</b>	<b>49</b>
IV.1. Evolución del Transporte marítimo y tráfico portuario.....	52
IV.1.1. Evolución de los buques portacontenedores.....	55
IV.1.2. Evolución de las grúas portacontenedores de muelle .....	57
IV.1.3. Evolución del layout y equipamiento de muelle de las terminales de contenedores .....	59
IV.1.4. Evolución de la automatización de las terminales de contenedores .....	64
IV.2. Evolución de la gestión de los operadores transporte marítimo y de tráfico portuario de contenedores.....	68
IV.2.1. Evolución de la capacidad de las navieras de transporte marítimo de contenedores .....	69
IV.2.2. Evolución de los operadores de terminales de contenedores .....	71
IV.3. Síntesis del capítulo cuarto.....	73
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>75</b>

---

<b>V El concepto de rendimiento (performance) portuario y su medición: Estado del arte.....</b>	<b>75</b>
V.1. Taxonomía del concepto de medición del rendimiento (performance) portuario .....	78
V.1.1. Métodos de índices.....	79
V.1.2. Métodos de frontera.....	82
V.1.3. Enfoque de procesos.....	83
V.2. Esquema propuesto de Medición del rendimiento portuario.....	84
V.2.1. Rendimiento operacional: categorías de medición .....	84
V.2.1.1. Producción .....	84
V.2.1.2. Productividad .....	85
V.2.1.3. Utilización.....	85
V.2.2. Eficiencia .....	86
V.2.3. Nivel de servicio .....	86
V.2.4. Capacidad.....	87
V.3. Instrumentos de gestión para la medición y mejora del rendimiento (performance) portuario .....	88
V.3.1. Sistema Operativo de la Terminal (TOS) .....	88
V.3.2. El Cuadro de Mando Integral (CMI) como instrumento de gestión estratégica.....	91
V.3.2.1. CMI para una terminal de contenedores.....	97
V.3.3. El Container Terminal Quality Indicator (CTQI).....	99

---

V.4. Síntesis del capítulo quinto.....	105
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>107</b>
<b>VI Capacidad de una TC: Capacidad por línea de atraque (estado del arte).....</b>	<b>107</b>
VI.1. El concepto de capacidad .....	108
VI.2. Métodos de medición de la capacidad de una terminal .....	110
VI.2.1. Métodos empíricos .....	111
VI.2.2. Métodos analíticos y de simulación .....	111
VI.2.2.1. Cálculo analítico-simulado por subsistemas: hipótesis	113
VI.2.3. Fortalezas y debilidades de los métodos: aplicabilidad .....	113
VI.3. Identificación y clasificación de los factores que afectan a la capacidad de una terminal de contenedores: El caso de la línea de atraque.....	114
VI.4. Capacidad por línea de atraque.....	119
VI.4.1. Caracterización del número de atraques (N) .....	120
VI.4.2. Caracterización de la tasa de ocupación ( $\phi$ ) de la línea de atraque: calidad de servicio o espera relativa ( $\epsilon$ ) .....	123
VI.4.2.1. La línea de atraque como sistema de esperas .....	123
VI.4.2.2. Caracterización y categorización del tráfico de buques: Distribución de las llegadas de buques a la terminal y distribución de los servicios.....	124
VI.4.2.3. Calidad de servicio: espera relativa ( $\epsilon$ ) .....	126

---

VI.4.3. Caracterización del tiempo anual operativo (t) .....	129
VI.4.3.1. El concepto de nivel de operatividad.....	129
VI.4.4. Caracterización de la productividad de buque atracado (P) .....	134
VI.4.4.1. El concepto de productividad de buque atracado.....	134
VI.4.4.2. Productividad de buque atracado: evolución .....	135
VI.4.4.3. Productividad de buque atracado y tamaño (mov/escala) de la escala y de los buques .....	140
VI.4.5. Caracterización del nivel de servicio.....	147
VI.4.6. Indicadores para el dimensionamiento de TCs por línea de atraque: evolución .....	152
VI.4.6.1. Indicadores de productividad de línea de atraque y de grúas de muelle.....	152
VI.5. Síntesis del capítulo sexto.....	178
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>179</b>
<b>VII Productividad, nivel de servicio y capacidad de las terminales de contenedores en referencias de planificación y en los contratos de concesión.....</b>	<b>179</b>
VII.1. Recomendaciones de organismos multilaterales, consultoría y autores .....	180
VII.1.1. Organismos multilaterales.....	180
VII.1.2. World Bank .....	181
VII.1.3. Consultoría y autores.....	183

---

VII.2. Referencias nacionales de instituciones y autoridades portuarias.....	191
VII.2.1. Sistema portuario de Australia.....	191
VII.2.1.1. Productividad por línea de atraque .....	193
VII.2.2. Sistema portuario de Canadá.....	195
VII.2.3. Sistema portuario de Costa Rica .....	198
VII.2.3.1. Parámetros de medición de la calidad del servicio.....	199
VII.2.4. Sistema portuario de Ecuador.....	201
VII.2.5. Sistema portuario de titularidad estatal de España.....	201
VII.2.5.1. Referencial de calidad de servicio para el tráfico de contenedores .....	202
VII.2.5.2. Autoridad Portuaria de Valencia: Concesión Terminal Pública de Contenedores.....	203
VII.2.5.3. Autoridad Portuaria de Barcelona: concesión terminal muelle Prat .....	204
VII.2.6. Sistema portuario de los Estados Unidos de América .....	204
VII.2.7. Sistema portuario de Holanda .....	207
VII.2.8. Sistema portuario de Honduras .....	209
VII.2.9. Sistema portuario de India .....	211
VII.2.10. Sistema portuario de Indonesia .....	221
VII.2.11. Sistema portuario nacional del Perú.....	222
VII.2.12. Sistema portuario de Sudáfrica.....	228

---

VII.3. Síntesis de las referencias: análisis .....	230
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>233</b>
<b>VIII Análisis de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una terminal de contenedores: Propuesta de modelo</b>	<b>233</b>
VIII.1. Estructuración de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC .....	234
VIII.1.1. Factores de demanda (tráfico, buque) .....	235
VIII.1.1.1. Buque .....	235
VIII.1.1.2. Tráfico .....	237
VIII.1.2. Factores climatológicos y meteorológicos.....	238
VIII.1.3. Factores antrópicos y de gestión .....	238
VIII.1.3.1. Antrópicos.....	238
VIII.1.3.2. De gestión .....	239
VIII.1.4. Factores tecnológicos .....	239
VIII.1.4.1. Innovaciones .....	239
VIII.1.4.2. Tipología de innovaciones en TCs .....	240
VIII.1.4.3. Innovaciones tecnológicas .....	241
VIII.1.5. Factores de oferta (línea de atraque, superficie, calado).....	243
VIII.1.5.1. Línea de atraque y equipamiento .....	243
VIII.1.5.2. Superficie y equipamiento .....	251
VIII.1.5.3. Calado .....	252

---

VIII.1.6. Modelo el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio y capacidad de una TC.....	253
VIII.1.7. Caso Puerto de Valencia: Análisis de productividad, nivel de servicio y capacidad 1970-2015.....	255
VIII.1.7.1. La terminal pública TCV- puerto de valencia .....	261
VIII.1.7.2. Análisis de capacidad de la terminal PÚBLICA NOATUM- puerto de valencia.....	263
VIII.1.7.3. Análisis de capacidad de la terminal dedicada MSC- puerto de Valencia .....	282
<b>CAPÍTULO IX.....</b>	<b>301</b>
<b>IX Propuesta de caracterización del nivel de servicio por línea de atraque en los contratos de concesión de terminales de contenedores .....</b>	<b>301</b>
IX.1. Indicadores para la caracterización .....	302
IX.2. Propuesta de nivel de servicio por línea de atraque .....	303
IX.3. Propuesta de aplicación.....	306
IX.3.1. Calidad de servicio por línea de atraque: espera relativa .....	306
IX.3.1.1. Recomendaciones sobre los datos a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP.....	307
IX.3.2. Productividad de buque atracado (P).....	307

IX.3.2.1. Recomendaciones sobre los datos relativos a productividades a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP.....	308
IX.3.3. Ejemplo de aplicación numérico .....	309
<b>CAPÍTULO X.....</b>	<b>315</b>
<b>X Conclusiones y propuestas .....</b>	<b>315</b>
X.1. Sobre el concepto de capacidad por línea de atraque y su medición.....	316
X.2. Sobre los factores que afectan la capacidad de una TC por línea de atraque .....	318
X.3. Sobre la medición del nivel de servicio por línea de atraque .....	319
X.4. PROPUESTAS DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	320
<b>XI Referencias .....</b>	<b>321</b>
<b>Anejo 1 .....</b>	<b>337</b>
<b>Anejo 2 .....</b>	<b>339</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Objetivos secuenciales de la tesis .....	6
Figura 2: Procedimiento de elaboración de la tesis.....	7
Figura 3: Estructura de la tesis: metodología .....	9
Figura 4: Relación entre Gobernanza y Performance portuaria .....	14
Figura 5: Marco Estratégico: Caso Sistema Portuario Nacional del Perú .....	15
Figura 6: Concepto de negocio .....	20
Figura 7: Integración de la planificación estratégica y la gestión estratégica ...	21
Figura 8: Tráfico de contenedores Canadá-Pacífico: Análisis evolución de la demanda versus la oferta (capacidad).....	27
Figura 9: Puerto Botany: Análisis evolución demanda versus la oferta.....	28
Figura 10: Modelo “Anyport” de Bird: las terminales especializadas.....	29
Figura 11: Subsistemas de una Terminal de Contenedores.....	30
Figura 12: Modelos de participación del sector privado en la gestión y financiación de terminales.....	33
Figura 13: Tipología de cláusulas en los contratos de concesión .....	36
Figura 14: Esquema del conflicto de intereses en la terminal portuaria.....	37
Figura 15: Planificación y gestión de una TPC.....	38
Figura 16: Desarrollo sostenible y necesidades estratégicas de una TC.....	40
Figura 17: Clasificación de decisiones operacionales en TCs.....	46
Figura 18: Herramienta para la planificación de los atraques .....	47

Figura 19: Síntesis del capítulo tercero .....	48
Figura 20: Comercio marítimo mundial (millones de toneladas) 1980-2013 según clasificación UNCTAD.....	52
Figura 21: Evolución relativa (1990 Base 100) según clasificación UNCTAD .....	53
Figura 22: Evolución del comercio en contenedor .....	53
Figura 23: Áreas de concentración del tráfico de tránsito marítimo (“transbordo”) .....	54
Figura 24: Evolución 1990-2013 del tráfico portuario mundial por O/D y LL/V .....	54
Figura 25: Evolución de los buques portacontenedores: clasificación .....	55
Figura 26: Mayor buque portacontenedores 1988-2013: características .....	56
Figura 27: Grúa Paceco en la Terminal Encinal. Año 1959 .....	57
Figura 28: Evolución del tamaño de las grúas portacontenedores (STS) .....	58
Figura 29: Terminal de Matson. Puerto de Los Angeles. Mediados años 60.....	59
Figura 30: Terminal de Sea-Land en Elizabethport, Oakland. 1962.....	60
Figura 31: Evolución del layout de las terminales de contenedores 1965-1985	60
Figura 32: MARAD USA: Módulo de TC – Sistema chasis .....	61
Figura 33: Diversas configuraciones de atraque. Terminal de 1.050 m de LA....	62
Figura 34: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014 .....	68
Figura 35: Top 20 puertos de tráfico contenedorizado. Año 2014.....	68
Figura 36: Evolución 2011-2014 de la capacidad en uso y ociosa de la flota celular de buques portacontenedores .....	70
Figura 37: Capacidad de las Top 20 navieras de tráfico marítimo en contenedor (millones de TEUs). Junio 2015.....	70
Figura 38: % acumulado de los Top 20 navieros de contenedores. Años 2013 y 2015 .....	71

---

Figura 39: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014 .....	72
Figura 40: Top 20 operadores de TCs. Año 2014 .....	72
Figura 41: Síntesis del capítulo cuarto .....	73
Figura 42: Matriz básica ilustrativa de dimensiones de medición del performance .....	76
Figura 43: Mediciones de tiempos en puerto del buque.....	81
Figura 44: Funciones de un TOS.....	89
Figura 45: Estructura del CMI: árbol de Objetivos Estratégicos, indicadores, metas e iniciativas.....	93
Figura 46: El Cuadro de Mando.....	94
Figura 47: Mapa Estratégico genérico .....	95
Figura 48: Integración de la Planificación Estratégica y el Cuadro de Mando Integral.....	96
Figura 49: Propuesta de líneas estratégicas para una TC .....	98
Figura 50: Propuesta de Mapa Estratégico para una TPC.....	99
Figura 51. Funcionamiento del CTQI <i>Standard</i> .....	101
Figura 52. Proceso de Certificación en el CTQI de una TC .....	104
Figura 53: Síntesis del capítulo quinto .....	105
Figura 54: Distintos conceptos de capacidad.....	109
Figura 55: Capacidad de la terminal portuaria por subsistemas .....	110
Figura 56: Ejemplo de nivel de abstracción: Operativa a nivel de bloque.....	112
Figura 57: Factores que afectan a la capacidad portuaria .....	115
Figura 58: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad de la línea de atraque.....	116
Figura 59: Cálculo de la capacidad por línea de atraque .....	120

---

Figura 60: Esquema general de los agentes que interactúan con la línea de atraque y con el buque .....	130
Figura 61: Detalle de los movimientos del spreader .....	133
Figura 62: Efecto del viento sobre el contenedor en operación de carga/descarga del buque.....	133
Figura 63: Evolución 2007-2013 de la productividad media de grúa (mov/h) y de atraque (mov/h buque atracado) de los buques de Maersk Line .....	138
Figura 64: Buques de 18.000 TEUs trabajando con 12 y 13 grúas de muelle...139	
Figura 65: Drewry: Relación entre el tamaño del buque (TEUs) y la Productividad de atraque (cont/h) .....	140
Figura 66: Drewry: Relación entre el % de la capacidad del buque manipulado y la Productividad de atraque (Cont/h).....	141
Figura 67: Ashar: Relación entre el número de movimientos y la productividad (neta) de atraque de los buques.....	141
Figura 68: Relación entre el número de movimientos y la productividad (bruta) de atraque de los buques (muestra de las terminales de contenedores del Puerto de Valencia, año 2010) .....	142
Figura 69: Relación entre el tamaño del buque y el tamaño de la escala (Caso Puerto de Hamburgo. Año no disponible).....	143
Figura 70: Productividad de buque atracado (cont/m) en grandes puertos por tamaño de buque (2011-2012).....	143
Figura 71: Relación entre el tamaño del buque y la productividad de atraque (buque). Maersk Line.....	145
Figura 72: Drewry: Ilustración de la relación entre el tamaño del buque y el número de movimientos (Caso 20% descarga + 20% carga) .....	146
Figura 73: Tiempo de rotación de los buques a nivel mundial.....	148
Figura 74: Ilustración de la desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line) .....	149

Figura 75: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996 .....	154
Figura 76: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986 .....	154
Figura 77: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996 .....	155
Figura 78: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986 .....	155
Figura 79: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas .....	156
Figura 80: Este de Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986 .....	157
Figura 81: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986 .....	158
Figura 82: Norteamérica: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986 .....	158
Figura 83: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004 .....	159
Figura 84: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas de Europa. Base 100: año 1995 .....	160
Figura 85: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 1995-2004 .....	160
Figura 86: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas. Base 100: año 1995 .....	161
Figura 87: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas .....	161
Figura 88: Norte de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995 .....	163
Figura 89: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995 .....	163

Figura 90: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995 .....	164
Figura 91: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 2007-2013 .....	166
Figura 92: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de América: Evolución 2007-2013.....	167
Figura 93: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 2007-2013.....	168
Figura 94: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de América. Evolución 2007-2013.....	169
Figura 95: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de Europa .....	170
Figura 96: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de América .....	171
Figura 97: Mundo: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007 .....	172
Figura 98: Sureste Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007 .....	173
Figura 99: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007 .....	173
Figura 100: Europa: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) Evolución 1986-2013 .....	174
Figura 101: Europa: TEUs (miles) por grúa de muelle y año. Evolución 1986-2013 .....	175
Figura 102: Europa: Distancia (m) entre grúas de muelle. Evolución 1986-2013 .....	175

---

Figura 103: Evolución 2007-2013 de la longitud media de la línea de atraque (m) y de su productividad por áreas geográficas .....	176
Figura 104: Productividad media de muelle (TEUs/m) por tamaño de terminal en terminales de contenedores de América Latina y el Caribe 2005-2013 .....	177
Figura 105: Síntesis del capítulo sexto .....	178
Figura 106: Capacidad anual de la Línea de atraque (TEUs/m) en función de la productividad de atraque (P) .....	190
Figura 107: SP Australia: Evolución 1995-2014 de la productividad de atraque del SPA: media de los puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney .....	193
Figura 108: SP Australia: Evolución 2000-2014 de la productividad neta de grúa SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne, Sydney y media de los 5 .....	194
Figura 109: SP Australia: Evolución 2008-2014 de la productividad bruta de atraque (cont/h atraque buque) en el SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney .....	195
Figura 110: Vancouver y Prince Rupert: evolución del tiempo de rotación y del nº de escalas. Años 2010-2011 .....	197
Figura 111: Vancouver y Prince Rupert: evolución de la productividad en puerto. Año 2011 .....	197
Figura 112: Vancouver y Prince Rupert: Productividad en puerto (mensual) en función del tamaño medio mensual de las escalas. Año 2011 .....	198
Figura 113: SP Costa Rica: Desagregación de tiempos para el cálculo del tiempo de espera (Puerto Moín) .....	199
Figura 114: SP Holanda: Diseños del Proyecto FAMAS para terminales en Maasvlakte II: layout distributed, compact y combi .....	208
Figura 115: SP Holanda: Diseño preliminar del Proyecto FAMAS de terminal para barcasas .....	209
Figura 116: SP India: Desagregación de tiempos para el cálculo de los indicadores .....	213

Figura 117: SP India: Metas y valores 2007-2008 en tiempos de fondeo (PBD) por puertos (horas) .....	214
Figura 118: SP India: Productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores .....	214
Figura 119: SP India: Metas de productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores .....	215
Figura 120: SP India: tiempo inoperativo en atraque (% sobre el tiempo de atraque) .....	215
Figura 121: SP India: Tiempo de rotación (TRT) de los buques (días) .....	216
Figura 122: SP India: Tráfico mínimo e indicadores de LA de TCs concesionadas .....	217
Figura 123: SP India: <i>Benchmarking</i> sobre tiempos de rotación en TCs .....	220
Figura 124: SP India: <i>Benchmarking</i> sobre productividad de línea de atraque (TEUs/m), TEUs/grúa y distancia entre grúas en TCs .....	220
Figura 125: SP Perú: Terminal DP World Callao: Productividad y nivel de servicio 2012-2013 .....	224
Figura 126: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011	225
Figura 127: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011	226
Figura 128: DPWorld Callao: Tasa de ocupación de la TC según la APNy OSITRAN. Periodo ene-sept 2011 .....	226
Figura 129: SP Perú: Nota de prensa de OSITRAN de la penalización a DPWorld Callao .....	227
Figura 130: SP Sudáfrica: Terminal Operator Performance Estandar (TOPS)...	229
Figura 131: SP Sudáfrica: valores de los indicadores del TOPS.....	229
Figura 132: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC .....	234
Figura 133: Evolución comparada 1969-2015 de la eslora y la capacidad (TEUs) de los buques portacontenedores. Base 100: 1969 .....	236

---

Figura 134: Evolución 1969-2015 del ratio Capacidad en TEUs por metro de eslora .....	236
Figura 135: Incremento de las distancias de las trayectorias de carga/descarga de contenedores .....	237
Figura 136: Tipologías de innovación en TCs: clasificación.....	241
Figura 137: Sistema “Fastnet crane” de APM Terminals .....	243
Figura 138: Drewry: Capacidad anual por metro lineal de una TC: Modelos Dewry 1998, 2002, 2010 y 2014.....	246
Figura 139: Ajuste del valor de P en el modelo de Drewry (1998) y contraste con los modelos de 2002/2010/2014 para transbordo y RTG 2020.....	247
Figura 140: Capacidad anual por metro lineal de atraque: Modelo Ashar (2009). Dewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, P = 50, 60 y 70 cont/h) .....	248
Figura 141: Capacidad anual por metro lineal: detalle de la comparación de los modelos de Ashar (2009), Drewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, M/E4/n, $\epsilon = 0,1$ , P = 60 cont/h).....	248
Figura 142: Modelo para el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio de una TC .....	254
Figura 143: La grúa Liebherr en la “miniterminal” de contenedores del Puerto de Valencia. Año 1973 .....	256
Figura 144: Terminal en la Prolongación del Muelle de Levante del Puerto de Valencia. Año 1979 .....	256
Figura 145: Evolución espacial 1979-1994 de la TC en el Muelle de Levante del Puerto de Valencia.....	258
Figura 146: Estimación de la capacidad para el tráfico de contenedores del Puerto de Valencia.....	260
Figura 147: Terminales de contenedores en el Puerto de Valencia. 2015 .....	261
Figura 148: Atraques de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia ...	262
Figura 149: Equipamiento, longitudes de atraque y calados de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia .....	262

---

Figura 150: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tráfico marítimo.....	263
Figura 151: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014 .....	264
Figura 152: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de número de contenedores por buque .....	264
Figura 153: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014 .....	265
Figura 154: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques .....	265
Figura 155: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014.....	266
Figura 156: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014 .....	267
Figura 157: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque .....	267
Figura 158: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Agosto 2012 .....	268
Figura 159: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque. Año 2014.....	269
Figura 160: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque .....	269
Figura 161: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Enero 2007 .....	270
Figura 162: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques .....	271
Figura 163: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque .....	271
Figura 164: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de los indicadores de tráfico anual por grúa de muelle y separación entre grúas .....	272

---

Figura 165: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014.....	273
Figura 166: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%).....	274
Figura 167: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P) .....	275
Figura 168: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P) .....	276
Figura 169: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P) .....	276
Figura 170: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-).....	277
Figura 171: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-) .....	278
Figura 172: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 254 m .....	279
Figura 173: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1998-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n) .....	280
Figura 174: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1988-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad anual por grúa (cont/grúa)e intensidad de las grúas en la LA.....	281
Figura 175: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico marítimo .....	282
Figura 176: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014 .....	283

---

Figura 177: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de número de contenedores por buque .....	284
Figura 178: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014.....	284
Figura 179: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques.....	285
Figura 180: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014 .....	285
Figura 181: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014 .....	286
Figura 182: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque .....	286
Figura 183: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Abril 2010.....	287
Figura 184: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque y comparación con la función Erlang 7. Año 2014.....	288
Figura 185: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque .....	288
Figura 186: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Noviembre 2012 .....	289
Figura 187: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques .....	289
Figura 188: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque .....	290
Figura 189: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de los indicadores de tráfico por grúa de muelle y separación entre grúas.....	291
Figura 190: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014 .....	292
Figura 191: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%) .....	292

---

Figura 192: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P) .....	293
Figura 193: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P) .....	294
Figura 194: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P) .....	295
Figura 195: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja) .....	296
Figura 196: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja).....	297
Figura 197: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la capacidad por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 266 m.....	298
Figura 198: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n).....	299
Figura 199: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad e intensidad de las grúas en la LA.....	300
Figura 200: Capacidad por línea de atraque para diversas calidades de servicio y productividad de buque atracado (Caso M/E4/3 con atraques de 350 m) .....	302
Figura 201: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y M/E4/3 con atraques de 300 metros.....	304
Figura 202: Correspondencia de las tasas de ocupación y la espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/n de 1 a 6 atraques .....	305
Figura 203: Ejemplo: Variación de la tasa de ocupación de la terminal .....	311
Figura 204: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (contenedores).....	313

---

Figura 205: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (cont/m)  
.....313

Figura 206: Ejemplo: Variaciones de la T. de ocupación, de la P grúas y del nº de  
atraques en respuesta a la variación de tráfico.....314

Figura 207: No linealidad de la capacidad en función del número de atraques:  
equivalencia en términos de productividad de buque atracado. Sistema M/E4/2  
y M/E4/3 para  $\epsilon=0,1$ .....317

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estrategias de “devolución”: caracterización.....	13
Tabla 2: Modelos de gestión portuaria.....	16
Tabla 3: Matriz de funciones portuarias de Baltazar y Brooks .....	17
Tabla 4: Planificación portuaria: Niveles, instrumentos y contenidos en el caso del SPTE.....	19
Tabla 5: Títulos y reglas del Pliego de condiciones generales para el otorgamiento de concesiones en el dominio público portuario estatal.....	35
Tabla 6: Clasificación de las decisiones operacionales o problemas en función del horizonte de planificación .....	45
Tabla 7: Innovaciones en el tráfico logístico-portuario de contenedores marítimos.....	51
Tabla 8: Caracterización de la flota Neo-panamax (a 1 de julio de 2015) .....	56
Tabla 9: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización	57
Tabla 10: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización .....	58
Tabla 11: MARAD USA: Característica de los módulo de TCs .....	61
Tabla 12: Indicadores resultantes de las configuraciones de atraque de la Figura 33 .....	63
Tabla 13: Ventajas y desafíos de la automatización de TCs.....	67

Tabla 14: Flota de buques portacontenedores. Años 2012 y 2015 .....	69
Tabla 15: Categorías de <i>benchmarking</i> del rendimiento portuario .....	79
Tabla 16: Indicadores operacionales y financieros.....	80
Tabla 17: Caracterización de los Métodos de Frontera.....	82
Tabla 18: Rendimiento operacional: indicadores tipo y unidades .....	85
Tabla 19: Esquema de las categorías de medición del rendimiento (performance) .....	87
Tabla 20: Categorías de medición del rendimiento (performance): definiciones .....	87
Tabla 21: Ventajas, limitaciones y aplicaciones de los métodos .....	113
Tabla 22: Factores que afectan el rendimiento de la línea de atraque en una TC .....	118
Tabla 23: ROM 2.0-2011: Valores de separación entre buques atracados .....	122
Tabla 24: Caracterización de las distribuciones de llegadas de los buques y de servicios en TCs del Puerto de Valencia .....	126
Tabla 25: Tasa de ocupación ( $\phi$ ) en función de la caracterización del sistema de esperas, número de atraques y la espera relativa ( $\epsilon$ ) .....	127
Tabla 26: Tasa de ocupación ( $\phi$ ) recomendada en función del número de atraques ( $n$ ) y del grado de control de las llegadas a la terminal.....	128
Tabla 27: Escala Beaufort .....	131
Tabla 28: Relación entre la ráfaga máxima de viento y la media para diversos periodos.....	132
Tabla 29: Ejemplo de cálculo de la productividad media de atraque y las ponderadas por tiempo ( $P$ ) y por movimientos de un conjunto de buques ....	134
Tabla 30: Características de las TCs GIT y STL en Port Jackson. Datos media años 1977, 1979 y 1981 .....	135
Tabla 31: Características de la CTAL en Port Botany. Datos año 1983 .....	136

---

Tabla 32: Ranking regional de productividad de buque atracado por áreas geográficas .....	136
Tabla 33: Ranking mundial de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014 .....	137
Tabla 34: Europa y Oriente Medio: Ranking de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014 .....	138
Tabla 35: Record 2010-2015 de operaciones de carga/descarga de buques portacontenedores .....	139
Tabla 36: Productividad de atraque (mov/h) de TCs en función del tamaño de los buques Año 2014 .....	144
Tabla 37: Desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line) .....	149
Tabla 38: Referencia de nº de grúas simultáneas y productividad unitaria de grúa por tamaño de buque portacontenedores .....	150
Tabla 39: Áreas geográficas: Evolución 1886-1986 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas) .....	157
Tabla 40: Áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas) .....	162
Tabla 41: Distribución de países por áreas geográficas .....	165
Tabla 42: Áreas geográficas: Evolución 2007-2013 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas) .....	172
Tabla 43: UNCTAD (1998): Ilustración de valores de indicadores de rendimiento para un contrato de terminal de contenedores .....	180
Tabla 44: World Bank (2000): caracterización de indicadores en TCs .....	181
Tabla 45: Indicadores comunes en los contratos de concesión .....	182
Tabla 46: World Bank (2009): Tipología de terminales de contenedores: caracterización e indicadores .....	183

---

Tabla 47: Drewry (1998): Indicadores operacionales anuales por línea de atraque, superficie y grúas de muelle .....	184
Tabla 48: Drewry (1998): Terminales tipo para el cálculo de indicadores en capacidad.....	184
Tabla 49: Drewry (1998): Capacidad anual de TCs en función de la longitud de atraque (m) y de la productividad de atraque (cont/h) .....	186
Tabla 50: Drewry (2002): Capacidad de TCs por línea de atraque (metro lineal y año) en función del tamaño de la terminal y de la caracterización del tráfico	187
Tabla 51: Drewry (2010): Capacidad teórica de TCs. Tipología equipamiento de patio RTG .....	187
Tabla 52: Ashar (2009): Tipología de atraques y capacidad anual por metro ..	188
Tabla 53: Kent (Nathan Associates) y Ashar (2010): Recomendaciones sobre productividad y niveles de servicio.....	189
Tabla 54: SP Australia: Indicadores del Boletín <i>Waterline</i> .....	192
Tabla 55: SP Canadá: indicadores de utilización de los puertos.....	196
Tabla 56: SP USA: Mediciones de productividad .....	205
Tabla 57: SP USA: Mediciones de productividad, fuentes de datos y su disponibilidad .....	206
Tabla 58: SP Honduras: Productividad y nivel de servicio, Caso Puerto Cortés	210
Tabla 59: SP India: Tasas máximas de ocupación de línea de atraque.....	211
Tabla 60: SP India: Indicador de capacidad por metro de línea de atraque en TCs .....	212
Tabla 61: SP India: Objetivos para los puertos y KPIs para su seguimiento .....	218
Tabla 62: SP India: KPIs, performance y agentes implicados.....	219
Tabla 63: SP Indonesia: Capacidad por metro de línea de atraque (TEUs) en diferentes horizontes temporales .....	221
Tabla 64: SP Perú: Mínimos de productividad y niveles de servicio (DPWorld – Callao).....	223

---

Tabla 65: SP Sudáfrica: Tráfico 2014-2015 y capacidad de diseño e instalada en TCs (TEUs) .....	228
Tabla 66: Síntesis cualitativa de las recomendaciones/modelos de organismos multilaterales, consultoría, autores y referencias nacionales de instituciones y Autoridades Portuarias .....	232
Tabla 67: Evolución histórica de las dimensiones del mayor buque portacontenedores 1969-2015 .....	235
Tabla 68: Innovaciones tecnológicas en el equipamiento de carga/descarga de la línea de atraque .....	242
Tabla 69: Drewry (2010): Capacidad unitaria por línea de atraque a partir de la Tabla 51.....	244
Tabla 70: Drewry (2010): Capacidad unitaria por equipamiento de atraque a partir de la Tabla 51 .....	250
Tabla 71: Drewry: Productividad anual y horaria por grúa. Modelo Drewry ..	250
Tabla 72: Drewry: Capacidad unitaria por superficie a partir de la Tabla 51...	251
Tabla 73: Drewry: Capacidad unitaria por equipamiento de patio a partir de la Tabla 51.....	252
Tabla 74: Indicadores de productividad de la TPC. Evolución 1973-1993 .....	258
Tabla 75: Propuesta de niveles de servicio por línea de atraque .....	303
Tabla 76: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y atraque de 300 m .....	303
Tabla 77: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 1 .....	310
Tabla 78: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 8 .....	310
Tabla 79: Ejemplo: TC con 3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25 .....	311
Tabla 80: Ejemplo: TC con 2-3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25 .....	312

---



---

**LISTADO DE ABREVIATURAS**

ACCC	<i>Australian Competition &amp; Consumer Commission</i>
AEMET	Agencia española de meteorología
AGV	<i>Automated guided vehicle</i>
AP	Autoridad Portuaria
APB	Autoridad Portuaria de Barcelona
APN	Autoridad Portuaria Nacional (Perú)
APP	Asociación Público Privada
APV	Autoridad Portuaria de Valencia
ASC	<i>Automated stacking cranes</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
BITRE	Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics
BMPH	<i>Berth moves per hour</i>
BOO	<i>Build, Own, Operate</i>
BOOT	<i>Build, Own, Operate, Transfer</i>
BOT	<i>Build, Operate, Transfer</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
BTO	Build, Transfer, Operate
CBP	Customs and Borders Protection (USA)

## Índice de Abreviaturas

---

CFS	Container Freight Station
C <sub>LA</sub>	Capacidad de Línea de Atraque
CMI	Cuadro de Mando Integral
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COLS	<i>Corrected Ordinary Least Square</i>
COM	Comisión Europea
cont	Contenedores
CP	Comunidad Portuaria
CSI	<i>Container Security Initiative</i>
CTQI	<i>Container Terminal Quality Indicator</i>
DAFO	Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades
DG	Dirección General
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
EAU	Emiratos Árabes Unidos
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
EEA	<i>Engineering Economic Analysis</i>
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESPO	<i>European Sea Ports Organisation</i>
FDH	<i>Free Disposal Hull</i>
FV	Fundación Valenciaport
GL	<i>Germanischer Lloyd</i>
GMPH	<i>Gantry moves per hour</i>
h	hora

IALA	<i>International Association of Lighthouse Authorities</i>
ICCP	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
I+D+i	Investigación, Desarrollo e innovación
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
ISPS	<i>International Ship and Port Facility Security</i>
ITMMA	<i>Institute of Transport and Maritime Management Antwerp</i>
JOC	<i>Journal of Commerce</i>
KPIs	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores Clave de Rendimiento)
LA	Línea de atraque
LPMM	Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (España)
MARAD	<i>Maritime Administration (Department of Transportation, USA)</i>
MARPOL	<i>Marine Pollution</i>
MASPORT	Metodologías de Automatización y Simulación en Terminales Portuarias
MFOM	Ministerio de Fomento
MFP	<i>Multi Factor Productivity</i>
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Hoy, Fomento)
mov	Movimiento
n	Número de atraques
NdS	Nivel de servicio
OMI	Organización Marítima Internacional
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSC	Ocean Shipping Consultants

## Índice de Abreviaturas

---

OSITRAN	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Perú)
P	Productividad anual media de buque atracado
PBIP	Protección de Buques e Instalaciones Portuarias (Código)
PDE	Puertos del Estado
PFP	<i>Partial Factor Productivity</i>
PI	<i>Performance Indicator</i>
PIANC	Permanent International Association of Navigation Congresses
PITVI	Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024
PROMIDi	Programa Marco de IDi en el SPE
RAE	Real Academia Española
R&D	<i>Research and Development</i> (Investigación y Desarrollo)
ROM	Programa de Recomendaciones para Obras Marítimas
RR.HH.	Recursos humanos
RTG	<i>Rubber tyred gantry</i>
SIC	<i>Sistema de Información Comunitario</i>
SFP	<i>Small Form-factor Pluggabler</i>
SFP	<i>Single Factor Productivity</i>
SPTTE	Sistema Portuario de Titularidad Estatal (España)
STS	<i>Ship to shore</i>
SOLAS	Safety of Life at Sea (Convenio)
$\phi$	Tasa de ocupación
t	Toneladas
t <sub>año</sub>	Horas operativas de la terminal al año

---

TC	Terminal de contenedores
TEU	<i>Twenty Equivalent Unit</i>
TICs	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TFP	<i>Total Factor Productivity</i>
TOC	<i>Terminal Operations Conference</i>
TOS	<i>Terminal Operating System</i>
TP	Terminal portuaria
$t_p$	Tiempo de rotación del buque en el puerto
TQM	<i>Total Quality Management</i>
ULCS	<i>Ultra large container ship</i>
UTI	Unidad de Transporte Intermodal
VAN	<i>Value Added Network</i>



# CAPÍTULO I

## Introducción

---

Las terminales de contenedores son unas infraestructuras nodales críticas en la continuidad de la cadena logístico-portuaria de cuyo óptimo funcionamiento depende en gran medida la competitividad de la economía vinculada al hinterland portuario. El ejercicio de planificación portuaria requiere el análisis de la demanda y de la oferta a largo plazo. La estimación de la oferta de servicios se realiza a través del cálculo de capacidad de las terminales que atienden a la correspondiente categoría de tráfico en el puerto.

En concordancia con lo señalado en el párrafo anterior, se contrasta que el ámbito temático de las terminales de contenedores viene siendo materia de investigación y presentación de tesis doctorales en la mayoría de las dimensiones relacionadas con su gobernanza, planificación y explotación (Anexo 1). Sin embargo, en el asunto del análisis de su capacidad las referencias directas son todavía escasas hecho que ha impulsado la elaboración de la presente tesis.

De los subsistemas que conforman el sistema terminal: línea de atraque (carga/descarga), almacenamiento, interconexión y recepción/entrega, es habitualmente el de línea de atraque el que acota la capacidad máxima de la instalación. La capacidad por línea de atraque de una terminal de contenedores depende de un conjunto amplio de factores, circunstancia que propicia en los ejercicios de planificación portuaria el empleo de indicadores simplificados para su cálculo que a menudo no incorpora variables que son críticas en su determinación. El resultado es indistintamente de sobreestimación o de infraestimación lo que en cualquier caso condiciona de forma relevante la sostenibilidad de la infraestructura.

La capacidad por línea de atraque es un valor vinculado al nivel de servicio ofertado que es evaluado por los navieros y que resulta del proceso estocástico de la llegada de los buques a la instalación, del número de atraques disponibles y de la distribución e intensidad de los medios de manipulación puestos al servicio del buque. Es un valor dinámico que evoluciona con el tiempo de la mano del tamaño de los buques y de las escalas, y de la incorporación de innovaciones tecnológicas y de gestión.

La tesis doctoral que conlleva el desarrollo del presente plan de investigación tiene por objeto el avance de la frontera del conocimiento en el estudio de la capacidad por línea de atraque relacionada con una propuesta de modelo de

niveles de servicio de utilidad en el proceso de concesionamiento de esta categoría de instalaciones.

Por último cabe señalar la gran alineación del contenido de la presente tesis doctoral con la Estrategia Europea de I+D+i, Horizonte 2020, con la nacional de I+D+i 2013-2020 y con el Programa Marco de I+D+i del Sistema Portuario de Titularidad Estatal (Puertos del Estado, 2013) que identifican el reto de un transporte inteligente, sostenible e integrado.



## CAPÍTULO II

# Objetivos y metodología de la tesis doctoral

---

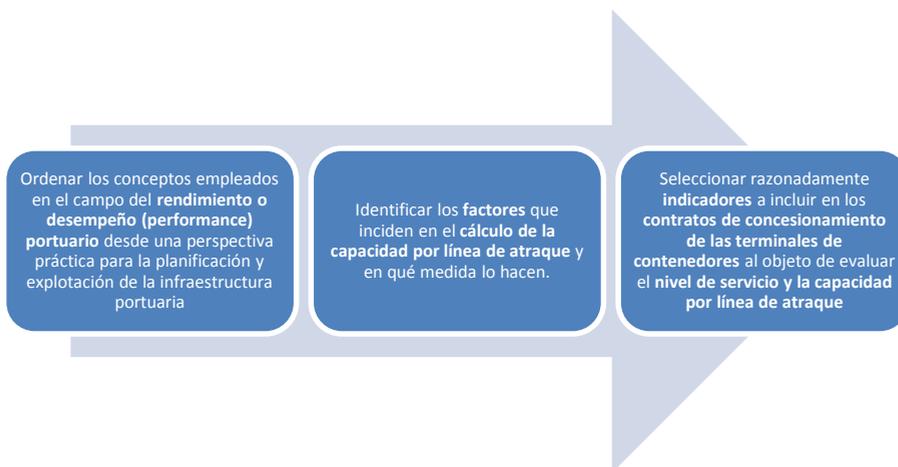
## II. 1. Objetivos de la investigación

En concreto los objetivos de la investigación son:

1. Ordenar los conceptos empleados en el campo del rendimiento o desempeño (performance) portuario desde una perspectiva práctica para la planificación y explotación de la infraestructura portuaria.
2. Identificar los factores que inciden en el cálculo de la capacidad por línea de atraque y en qué medida lo hacen.
3. Seleccionar razonadamente indicadores a incluir en los contratos de concesionamiento de las terminales de contenedores al objeto de evaluar el nivel de servicio y la capacidad por línea de atraque.

Hay que señalar que se trata de un conjunto de objetivos concatenados (Figura 1) que deben alcanzarse secuencialmente por cuanto para abordar el siguiente debe despejarse convenientemente el anterior, siendo el objetivo último o principal la caracterización de un modelo que permita la determinación y evaluación dinámica en el tiempo, del nivel de servicio y capacidad por línea de atraque de una terminal de contenedores.

**Figura 1: Objetivos secuenciales de la tesis**

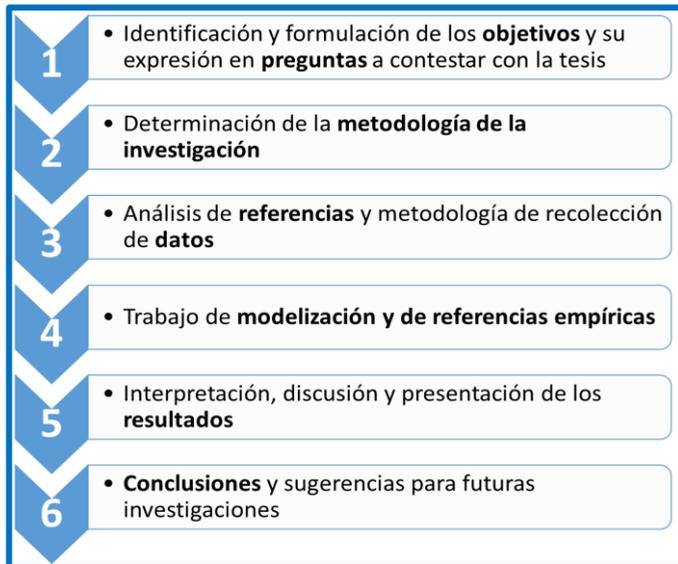


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## II.2. Metodología de la investigación

En la **Figura 2** se plasma el procedimiento metodológico empleado en la elaboración de la tesis que ha conestado de 6 etapas. En la primera se han identificado y formulado las preguntas a las que debe dar respuesta la investigación, derivadas de los objetivos de la tesis. Atendiendo a las mismas, en la segunda se ha determinado la metodología más adecuada para alcanzar las correspondientes respuestas. La tercera etapa ha conllevado la elección de la muestra de terminales y puertos y la metodología para la recolección de los datos. A partir de éstos, en la cuarta etapa se ha desarrollado el trabajo de modelización y de análisis de las referencias empíricas. La quinta etapa ha incluido la interpretación, discusión y presentación de los resultados. Finalmente, en la sexta etapa se han alcanzado las conclusiones y las sugerencias para futuras investigaciones.

**Figura 2: Procedimiento de elaboración de la tesis**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ADAPTADO DE MONTEIRO (2013)

### II.2.1. Preguntas de la investigación (Etapa 1)

Partiendo de los objetivos expuestos se formulan las preguntas a las que pretende dar respuestas la presente investigación:

1. ¿Qué se entiende por capacidad por línea de atraque de una TC? ¿Cómo se mide?
2. ¿Qué factores y en qué medida inciden en la capacidad de una TC por línea de atraque?
3. ¿Qué indicadores debiera incluirse en los contratos de concesión de TCs para acotar y medir el nivel de servicio y la capacidad por línea de atraque? ¿Con qué valores?

### II.2.2. Determinación de la metodología de la investigación (Etapa 2 y siguientes)

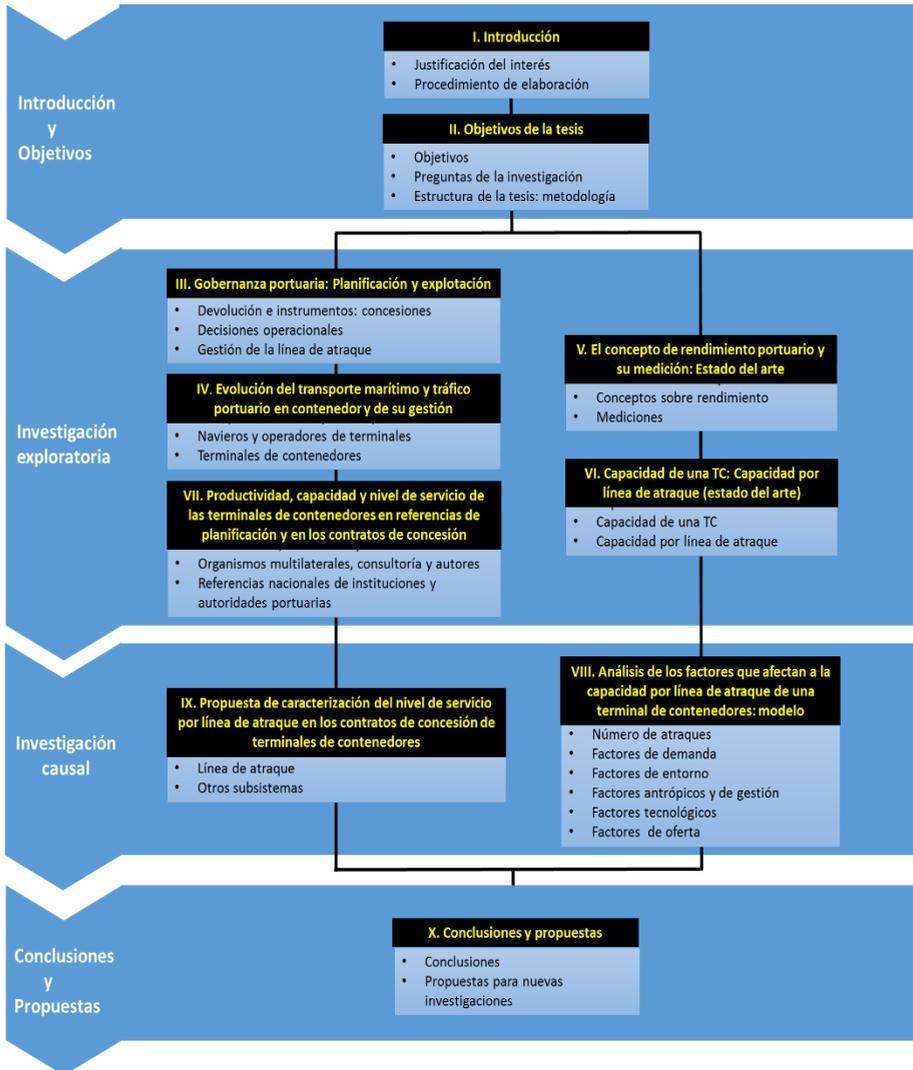
La metodología de la tesis combina la necesaria consolidación de las bases conceptuales del concepto de capacidad y nivel de servicio por línea de atraque con su dimensionamiento a través de una formulación analítica que pueda acotarse mediante el empleo de indicadores. En primer lugar, los objetivos y preguntas de la tesis requieren un profuso análisis de referencias en el ámbito temático del performance portuario caracterizado por su dispersión y deficiente caracterización. Paralelamente, la imprescindible recolección de datos, fundamentalmente indicadores de nivel de servicio y capacidad en TCs, se aborda sobre largas series temporales de valores consistentes. Ambas actividades configuran la Etapa 3 de la investigación.

En la Etapa 4 se procede al trabajo de modelización que se ilustra a través de referencias empíricas a dos niveles, macro y micro. Por un lado, indicadores de muestras amplias de TCs por áreas geográficas; y por otro, a través de un pormenorizado análisis de una terminal dedicada y potra pública.

En la Etapa 5 se interpreta, discute y presenta los resultados, alcanzando en la Etapa 6 las correspondientes conclusiones y sugerencias para futuras investigaciones.

Partiendo del procedimiento descrito se ha estructurado el contenido de la tesis en 10 capítulos junto con los de anexos y referencias bibliográficas (**Figura 3**).

**Figura 3: Estructura de la tesis: metodología**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el capítulo primero, a modo de introducción se justifica el interés de la investigación y se indica el procedimiento de elaboración. En el segundo, se acotan los objetivos a alcanzar con el desarrollo de la tesis doctoral, se plantean las preguntas asociadas a los mismos y se plasma la metodología.

Los capítulos III, IV, V, VI y VII conforman los contenidos relacionados con la investigación exploratoria y el estado del arte en la materia. Se identifican dos ejes:

- por un lado el relativo a la gobernanza portuaria (capítulo III) particularizada al caso del tráfico en contenedor (capítulo IV) que desemboca en el capítulo VII en un pormenorizado análisis de referencias de productividad y nivel de servicio en terminales de contenedores; y,
- por otro, el que acomete el ámbito conceptual del performance o desempeño portuario y su medición (capítulo V) y en particular el relativo a la capacidad de una terminal de contenedores en el subsistema de línea de atraque o de carga/descarga de buques (capítulo VI).

Desde la investigación exploratoria se acomete la investigación causal o explicativa en los capítulos VIII y IX. En el octavo se categorizan los factores de la capacidad por línea de atraque y se propone un modelo práctico para su seguimiento. El capítulo 9 aporta la correspondiente propuesta de caracterización del nivel de servicio para terminales de contenedores concordante con la determinación de su capacidad por línea de atraque de utilidad en el ejercicio de planificación portuaria de autoridades y operadores y en particular para los contratos de concesión que les vinculan a largo plazo.

Finalmente, en el capítulo X se presentan las conclusiones y las propuestas para nuevas investigaciones.

## CAPÍTULO III

# Gobernanza portuaria: Planificación y explotación

---

### III.1. Gobernanza portuaria

Según el Diccionario de la RAE, **gobernanza** es el *arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía*. No cabe duda que el concepto aplica para el buen gobierno o administración de los puertos.

La referida acepción de gobernanza aplicada al caso de los puertos conlleva la emergencia y consolidación del término **stakeholder o grupo de interés** en el ejercicio de planificación y explotación portuaria, en particular en los procesos que incorporan las dimensiones sociales y medioambientales, históricamente eclipsadas por la dimensión económica.

El concepto de **gobernanza portuaria** desembarca en los puertos hace aproximadamente una década de la mano del mundo académico, acompañado del de “**devolución**” (“*devolution*”, Brooks y Cullinane, 2006) en el sentido de delegación o transferencia de poderes, materializada a través de estrategias de descentralización, comercialización, corporatización y privatización (**Tabla 1**) que articulan en cada caso el correspondiente modelo portuario.

Por ejemplo, en relación con el marco jurídico, la CEPAL (1998) identifica una serie de medidas que sientan las bases para la participación de la iniciativa privada en los puertos:

- La desregulación del sector portuario;
- La descentralización y la autonomía financiera de los puertos;
- Las leyes antimonopolios que se aplican a los operadores privados de las terminales marítimas; y,
- La legislación específica en que se defina la participación del sector privado en los puertos estatales.

**Tabla 1: Estrategias de “devolución”: caracterización**

Caracterización	Tipologías de devolución			
	Descentralización	Comercialización	Corporatización	Privatización
<b>Cambio en los objetivos gubernamentales</b>	De política nacional	Para mejorar eficiencia y capacidad de respuesta	Para mejorar eficiencia y capacidad de respuesta	Eficiencia sector privado: competencia en el mercado
<b>Cambio en la estructura organizacional</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Establecimiento de una entidad legal</b>	No	Sí, sin capital accionarial	Sí, con capital accionarial parcial o total del gobierno	Sí (o vendida a una entidad privada)
<b>Control de gestión y operaciones</b>	Gobierno local	Transferido desde el gobierno	Transferido desde el gobierno	Transferido desde el gobierno
<b>Propiedad de los activos existentes</b>	Puede transferirse a otro nivel gubernamental	No se transfiere	En la nueva entidad	Propiedad privada de la nueva entidad
<b>Propiedad de los nuevos activos</b>	En función de los términos del acuerdo	En función de los términos del acuerdo	De la nueva entidad	Propiedad privada de la nueva entidad
<b>Responsabilidad del riesgo</b>	Permanece en el sector público	Transferido a la nueva entidad; en función de los términos del acuerdo	Transferido al sector privado	Transferido al sector privado
<b>Derecho a recibir préstamos</b>	Puede requerir aprobación nacional	Sí, pueden imponerse topes	Sí	Sí
<b>Capacidad de venta de los activos</b>	Normalmente no sin aprobación nacional	Normalmente limitada en función de los términos del contrato	Normalmente limitada en función de los términos del contrato	Sí

FUENTE: BROOKS, M.R. AND CULLINANE, K. (2007)

La **desregulación** entendida como la eliminación de normas, reglamentos, subvenciones directas y cruzadas, reservas de mercado, etc, que entorpecen el libre juego de los mecanismos de mercado. En cualquier caso, la desregulación no debe suponer la generación de un vacío reglamentario.

Con la **descentralización y autonomía financiera** se persigue establecer una estructura institucional en la que las organizaciones locales y los inversionistas privados tengan la facultad de realizar funciones de operación, planificación e inversión y que la administración de los puertos del sector público se transforme en un organismo regulador que fiscalice dichas actividades.

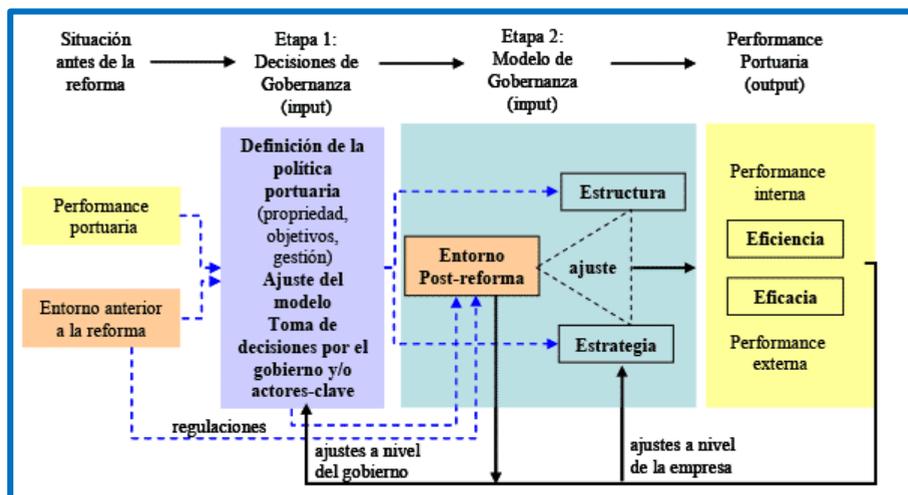
Las **comisiones antimonopolio** deben tener un mandato inequívoco para proteger la competencia (no para proteger de la competencia a empresas o ramas de actividad determinadas). En cuanto a la **legislación específica**, ésta

debe definir con precisión el tipo de participación privada para el desarrollo de instalaciones y prestación de servicios.

Desde la perspectiva de la reforma del sector portuario algunos autores entienden por comercialización el desarrollo de un modelo que posibilite la introducción de principios y prácticas comerciales, propias de las empresas, en la gestión del organismo portuario.

Por su parte, Brooks y Pallis (2008), partiendo de la propuesta de Baltazar y Brooks (2006), plantean el modelo de gobernanza y performance portuario que ilustra la **Figura 4** adaptado por Vieira et al. (2013), profundizando en las componentes de la eficiencia y de la eficacia de éste.

**Figura 4: Relación entre Gobernanza y Performance portuaria**

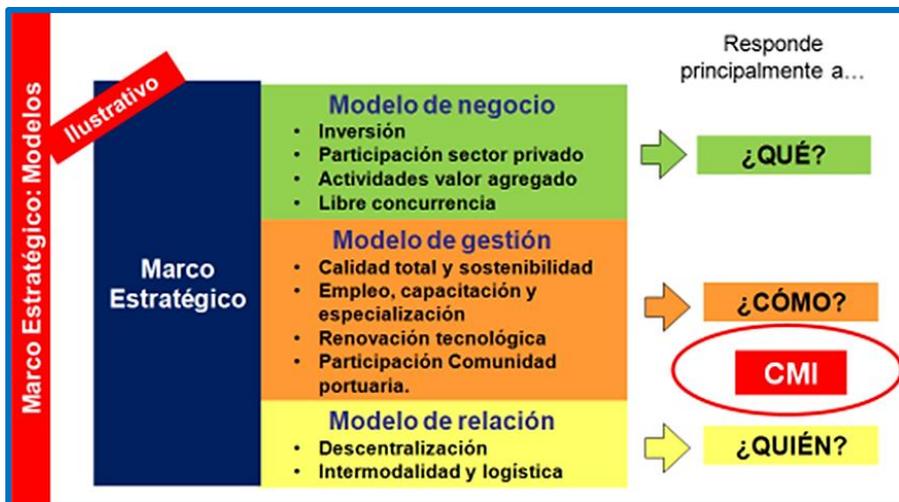


FUENTE: VIEIRA ET AL. (2013) ADAPTADO DE BROOKS Y PALLIS (2008)

El rendimiento (performance o desempeño) portuario, en términos de output, será el resultado del desarrollo del modelo de gobernanza implantado, conformado por el marco estratégico (**Figura 5**) del sistema portuario con el correspondiente modelo de negocio, gestión y relación en y entre el sector público y privado y que actúa como input renovado en el caso de una reforma o ajuste en el modelo de partida. En este escenario se hace imprescindible la implantación de un sistema de medición capaz de facilitar el seguimiento en términos de input/output con herramientas que emplean indicadores como en

el caso del Cuadro de Mando Integral (CMI) o *Balanced Scorecard* que se presenta en el capítulo V.

**Figura 5: Marco Estratégico: Caso Sistema Portuario Nacional del Perú**



FUENTE: CAF- FUNDACIÓN VALENCIAPORT (2010)

### III.1.1. Modelos de gestión portuaria

Atendiendo al papel del sector público y privado en relación con el ejercicio de las funciones de desarrollo de infraestructuras y superestructuras portuarias, y en la prestación de servicios se define un conjunto de modelos teóricos de gestión de puertos (**Tabla 2**).

En el modelo “*Pubic Service*”, una Autoridad Portuaria pública invierte en todo tipo de infraestructuras y superestructuras, y presta todos los servicios portuarios. El paso al modelo “*Tool*” conlleva la aparición en el escenario de empresas privadas que prestan los servicios de manipulación de mercancías, permaneciendo la inversión en todo tipo de infraestructuras y superestructuras en el ámbito público.

**Tabla 2: Modelos de gestión portuaria**

Modelo	Inversiones		Prestación servicios	
	Infraestructura	Superestructura	Estiba	Otros
Public service	Público	Público	Público	Mayoría Pública
Tool	Público	Público	Privada	Público/privada
Landlordport	Público/privada	Privada	Privada	Público/privada
Private service	Privada	Privada	Privada	Mayoría Privada

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE BAIRD (2000) Y WORLD BANK ((2007)

En el modelo “*Landlord*” la Autoridad Portuaria pública invierte en infraestructura de accesibilidad marítima y generación de aguas abrigadas y línea de atraque

- Diques y muelles
- Dragados.

Por su parte, los operadores privados invierten en superestructura portuaria:

- Equipos de manipulación
- Pavimentos e instalaciones

Y ocasionalmente en la infraestructura portuaria de muelles.

En el caso del modelo “*Private Service*”, una Autoridad Portuaria privada invierte en todo tipo de infraestructuras y superestructuras y presta todos los servicios portuarios.

### III.1.2. Funciones de regulación, *landlord* (planificación) y operación

A partir de los trabajos de Goss (1990), Baird (2000) y World Bank (2001), Baltazar y Brooks (2006) elaboraron la matriz de funciones portuarias que se plasma en la **Tabla 3**.

Las funciones portuarias a ejercitar para la planificación y explotación de los puertos quedaban clasificadas en tres grandes grupos:

- Función de regulación;
- Función *Landlord*; y,
- Función de operador.

La gobernanza de estas funciones queda enmarcada en el ámbito público, privado o mixto en función del reparto competencial del correspondiente marco jurídico-portuario del puerto o sistema portuario.

**Tabla 3: Matriz de funciones portuarias de Baltazar y Brooks**

Gobernanza	Funciones		
	Regulador	Landlord	Operador
Pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licencias, permisos</li> <li>• Seguridad tráfico buques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación espacio portuario</li> <li>• Dragados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación mercancías</li> <li>• Servicios al pasaje</li> </ul>
Mixta público/privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aduana e inmigración</li> <li>• Monitorización del puerto</li> <li>• Servicios de emergencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marketing</li> <li>• Mantenimiento del acceso al puerto</li> <li>• Seguridad portuaria</li> <li>• Adquisición de terrenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practicaje</li> <li>• Remolque</li> <li>• Amarre</li> <li>• Marketing de operaciones</li> <li>• Recogida residuos</li> </ul>
Privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección del interés público</li> <li>• Política portuaria y ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulso "infoestructura" comunidad portuaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión en superestructura</li> </ul>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE BALTAZAR Y BROOKS (2006)

La **función de regulación** en sentido amplio se produce a varios niveles (internacional, nacional, regional, local) y con distintos instrumentos (convenios, directivas, leyes, reglamentos) en función de las competencias de los distintos organismos. Se trata de establecer el marco y las condiciones en que deben planificarse y desarrollarse las actividades en los puertos. Alcanza hasta los niveles operativos: servicios de policía portuaria, servicio de tráfico marítimo, servicios de inspección, etc.

La **función “landlord”** conlleva el ejercicio de planificación y gestión del espacio portuario; la provisión y mantenimiento de infraestructuras, en particular de accesos marítimos y terrestres; la seguridad general del recinto portuario; la promoción comercial del puerto; el impulso de la **“infoestructura”** portuaria, etc.

La **función operador** incluye el conjunto de los denominados servicios portuarios en la legislación portuaria española: manipulación de mercancías, servicios técnico-náuticos: practicaje, remolque y amarre; y, recogida de residuos de los buques.

## III.2. Planificación portuaria

El ejercicio de la planificación portuaria consiste en el proceso de identificación de la **demanda futura de servicios portuarios** con el objeto de la configuración de una **oferta (capacidad)** de servicios que resulte viable y sostenible.

Por la cantidad de interrelaciones a contemplar es de señalar que se trata de una actividad compleja y multidisciplinar, que debe dar respuesta a las necesidades de los entornos físico (territorial y medioambiental), de actividades o económico y social (institucional).

En el caso del sistema portuario de titularidad español se emplea un conjunto de instrumentos de planificación que se desarrollan en el Texto Refundido de la Ley de Puertos y de la Marina Mercante (España, 2011) y que pueden clasificarse

(Tabla 4), atendiendo a su ámbito, horizonte temporal y nivel de decisión, en estratégicos y operativos.

El Plan Estratégico de la AP debe abordar un análisis preliminar de la demanda y capacidad portuaria que es desarrollado y profundizado con el Plan Director de Infraestructuras del Puerto o Plan Maestro.

**Tabla 4: Planificación portuaria: Niveles, instrumentos y contenidos en el caso del SPTE**

Nivel	Instrumento	Contenido
Estratégico	Marco Estratégico	Misión, metas, objetivos, estrategias referidas al Sistema Portuario
	Plan Estratégico	Misión, metas, objetivos, estrategias referidas al puerto
	Plan Director de Infraestructuras	Infraestructura del puerto
	Delimitación de Usos y Espacios Portuarios	Usos portuarios, áreas de reserva, interacción puerto-ciudad
	Plan Especial	Desarrollo urbanístico
Operativo	Plan de Empresa	Objetivos anuales y presupuestos

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

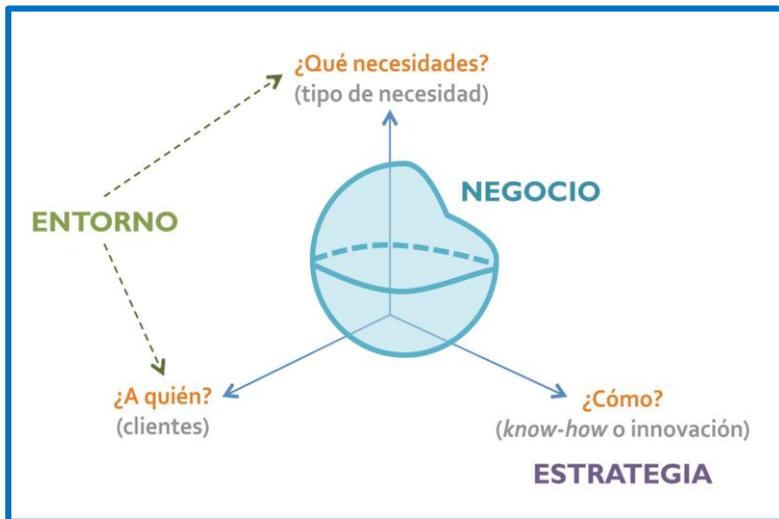
### III.2.1. Planificación estratégica

En un proceso regulable, la estrategia es el “conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento” (RAE, 2011). Una estrategia claramente definida y debidamente transmitida a toda la organización es un elemento clave para que una empresa o colectivo alcance los objetivos que se ha propuesto y sea competitivo dentro de su sector y su entorno.

En el caso de una empresa, sector o *cluster*, la **estrategia** es el conjunto de acciones que la llevan a alcanzar sus objetivos y metas, creando valor para sus

accionistas, clientes y *stakeholders* de la sociedad en general. Es la tercera dimensión del negocio (Abell, 1980) y describe cómo una empresa se adapta al entorno dando solución a las necesidades de cierto sector del mercado de forma diferente al resto de empresas que luchan por atraer-satisfacer los mismos pares cliente-necesidad (Figura 6).

Figura 6: Concepto de negocio



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012) A PARTIR DE ABELL (1980)

De otra manera, puede afirmarse que la estrategia es la respuesta al interrogante del querer ser, desde el poder ser consecuencia del diagnóstico, concretada en la definición de un conjunto de líneas y objetivos estratégicos reformulables dentro del dinamismo propio de la planificación estratégica.

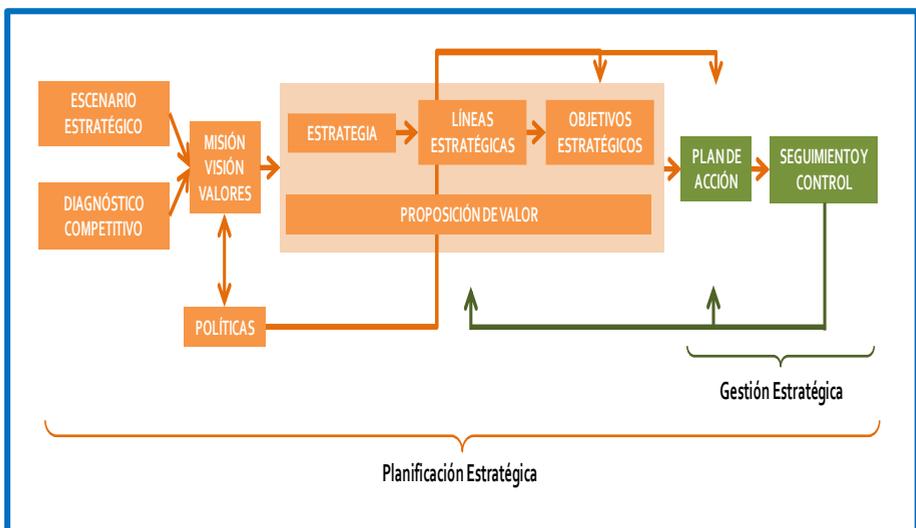
Es para la consecución de tales objetivos donde interviene el concepto de táctica o gestión estratégica. De modo que la **táctica o gestión estratégica se constituye en la respuesta a la cuestión del cómo, conformando el plan de acción para pasar de la situación actual a la deseada.**

La planificación estratégica es el proceso de definición y concreción de la estrategia empresarial o sectorial. Es una metodología que permite el desarrollo y la implementación de acciones para alcanzar los objetivos definidos en el propio proceso. Esta metodología reduce el riesgo de fracaso puesto que

previene de los principales errores a la hora de formular la estrategia, gracias a una serie de etapas a seguir (**Figura 7**):

1. Análisis y diagnóstico de la situación actual
2. Declaración de Misión, Visión y Valores
3. Definición de la Estrategia y de la Propuesta de Valor
4. Formulación de un Plan de Acción
5. Seguimiento y control.

**Figura 7: Integración de la planificación estratégica y la gestión estratégica**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

### III.2.1.1. Análisis y diagnóstico de la situación actual

El arranque de la Planificación Estratégica consiste en realizar un **diagnóstico competitivo** y un **análisis del escenario estratégico** de forma que se entienda la situación actual de la empresa y su relación con el entorno general y en particular

con el entorno socio-económico y medioambiental o *umland* portuario (Enriquez, F., 1993).

Por norma general, esta primera etapa concluye con la identificación de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la empresa mediante un **análisis DAFO**. Un análisis DAFO adecuadamente desplegado permite identificar el punto de partida de la planificación estratégica y evita que la planificación se base en información incompleta o errónea, así como que se infravaloren o se sobreestimen las capacidades de la empresa para el desarrollo de su actividad; de ahí la importancia de esta primera etapa. La misión, visión y valores de la organización deben definirse según el resultado de dicho análisis.

### III.2.1.2. Declaración de misión, visión y valores

La **misión** define el negocio al que se dedica la organización o colectivo, las necesidades que cubren con sus servicios o productos, el mercado al que van dirigidos y su imagen pública. Es la respuesta a la pregunta: “¿Para qué existe la organización o colectivo?”

La **visión** define y describe la situación futura que desea tener la organización. Su propósito es guiar, controlar y alentar a la organización en su conjunto para alcanzar su estado deseado. La visión de la organización responde a la pregunta: “¿Qué queremos que sea la organización en los próximos años?”. Es el fin último de la estrategia.

Para que una declaración de visión sea efectiva debe:

- Ser clara, sincera y no contener ambigüedades
- Dibujar una escena futura en la mente de quienes han de llevarla a cabo
- Ser fácil de recordar
- Crear compromiso
- Abarcar aspiraciones realistas
- Estar alineada con los valores y cultura de la organización
- Estar orientada al cliente

Además, para ser realmente efectiva, debe ser una visión compartida, que esté interiorizada en la cultura de la organización y por tanto presente en las decisiones que se toman a cualquier nivel (estratégico, táctico u operativo).

Por último, los **valores** constituyen la filosofía, principios, creencias, normas y reglas generales de funcionamiento de la empresa, y deben ser comprendidos e interiorizados por toda la organización. Orientan las relaciones entre los integrantes de la empresa o colectivo, así como la interacción con sus clientes, proveedores, la comunidad en que esta se integra, etc., dibujan su imagen corporativa, y se concretan en políticas empresariales o sectoriales. Por ejemplo, una empresa que tenga como valor el respeto al medio ambiente transmite a sus empleados, clientes, proveedores y a la sociedad en general que sus actuaciones deben necesariamente estar condicionadas por esta inquietud, para lo que formula una política medioambiental. La innovación es otro de los posibles valores a adoptar por parte de una empresa, que al igual que el respeto por el medio ambiente originará una política, en este caso de innovación.

### **III.2.1.3. Definición de la estrategia y de la propuesta de valor**

No debe confundirse estrategia y política. Las **políticas**, aunque necesarias, son menos trascendentes que las estrategias para el futuro de la empresa, y se mantienen estables durante largos periodos de tiempo sin verse afectadas por cambios en el entorno. Suponen un compromiso formal y público de la empresa con unos **criterios de decisión para la selección de alternativas; son directrices para ejecutar la estrategia que acotan o amplían las capacidades y el campo estratégico de la empresa.**

Así, una empresa puede tener una **política financiera** conservadora con un endeudamiento limitado que restrinja su capacidad de financiación, y por tanto sus posibilidades estratégicas. Por otra parte, una **política de calidad** adecuadamente interiorizada puede canalizar las iniciativas estratégicas a favor de la incorporación de la orientación al cliente en el proceso de toma de decisiones, aumentando la capacidad de satisfacer al mismo. Obviamente, al igual que la estrategia, las políticas empresariales han de ser adecuadas para cada empresa y estar ajustadas a las necesidades y expectativas de sus clientes (Gimbert, 2010).

Teniendo en cuenta estas etapas previas, la empresa debe articular su estrategia de manera clara y concisa, dividiéndola en **líneas estratégicas**, que son los ejes fundamentales en que se basa la empresa para llevar a cabo su misión y alcanzar su visión y que se deben concretar en **objetivos estratégicos** cuantificables, y en la formulación de una propuesta de valor competitiva, única y sostenible en el tiempo.

Según Kaplan y Norton (2004), la **propuesta de valor** es la forma en que la empresa crea valor para sus clientes, combinando en su oferta producto, calidad, precio, servicio y garantía. Debe ser formulada de forma que ofrezca a su segmento de mercado objetivo una ventaja competitiva que permita a la empresa destacar respecto a la competencia en algún aspecto clave del sector, siendo necesario que dicha diferencia sea percibida y apreciada, es decir valorada, por su cliente.

Porter (1985) plantea tres maneras de conseguir dicha ventaja competitiva: la diferenciación en base a una dimensión estratégica (calidad, tecnología, marca, servicio, diseño o innovación), el liderazgo en costes o a la especialización. La elección del camino idóneo en cada caso depende de lo que valora el cliente objetivo.

### III.2.1.4. Formulación de un plan de acción

Para la materialización de la propuesta de valor y la consecución de estos objetivos estratégicos es necesario formular un plan de acción, conformado por un conjunto de proyectos o iniciativas estratégicas coherentes entre sí, con sus respectivos planes de implementación, cuyo objetivo es traducir la estrategia a términos operativos de la forma más eficiente posible. La ejecución de dicho plan de acción, derivado de la planificación estratégica y de acuerdo con las políticas empresariales, es lo que se conoce como gestión estratégica.

La **gestión estratégica**, o táctica, es el proceso continuo de ejecución de la estrategia y se corresponde con las últimas etapas de la planificación estratégica o en palabras de Garrido (2006), es un *“planteamiento metodológico acerca de cómo coordinar las acciones de las diferentes partes de una organización con el*

*fin de asegurar su desarrollo y mantenimiento en el espacio y en el tiempo y todo ello en un entorno de competencia”.*

A diferencia de la gestión operativa encargada de reaccionar para resolver problemas concretos que surgen en el día a día, la gestión estratégica es proactiva, se orienta hacia el largo plazo y comprende una visión global de la empresa o sector y del entorno en que esta desarrolla su negocio con el objetivo último de alcanzar sus fines económicos mediante la toma de las decisiones adecuadas a nivel estratégico, en principio acordes a la implementación del plan de acción previamente formulado. Mientras que durante la fase de formulación del plan de acción (Planificación) se busca la eficiencia, durante su ejecución (Gestión) se persigue la eficacia.

De la dependencia de la estrategia del entorno –económico, social, político, legal y tecnológico– en el que se desarrolla el negocio, punto de arranque de la planificación estratégica y cambiante por definición, se deduce la necesidad de una constante adaptación de las decisiones estratégicas derivadas de la gestión estratégica a los cambios producidos en este. Así, la vigilancia continua y la flexibilidad se convierten en requisitos fundamentales a la hora de implementar el plan de acción para poder corregir aquellas decisiones que, por estar inicialmente mal formuladas o por no ajustarse a las nuevas condiciones de contorno, puedan privar a la empresa o sector de alcanzar su visión.

### **III.2.1.5. Seguimiento y control**

Con el despliegue del plan de acción se pone en marcha la última etapa de la planificación y gestión estratégica: la de **seguimiento y control**. Dependiendo de los resultados obtenidos de la gestión estratégica, deben tomarse decisiones de gestión referentes a dicho plan que aproximen los resultados a los deseados de acuerdo con los objetivos estratégicos definidos, pudiendo incluso ser conveniente reformular, no sólo las iniciativas que resulten ineficaces o poco eficientes, sino también niveles superiores de la estrategia para adaptarlos al escenario actual, a los cambios acontecidos en el seno de la empresa y a las nuevas previsiones de futuro. Así, la planificación y la gestión estratégica convergen en un bucle que retroalimenta las líneas estratégicas, los objetivos estratégicos, la propuesta de valor y el plan de acción en base a los resultados

de la ejecución del propio plan de acción vigente, originando un proceso continuo de revisión y reformulación de la estrategia.

### III.2.2. Plan director de infraestructuras (Plan Maestro)

El reto permanente en relación con la planificación de las infraestructuras portuarias se concreta en la configuración y anticipación de una oferta que vaya respondiendo a la evolución del tráfico o demanda en un horizonte de largo plazo, de forma sostenible en términos económicos, sociales y medioambientales. Es lo que acaba reflejándose en el documento conocido como Plan Director de Infraestructuras del puerto o Plan Maestro. Si bien el ejercicio de previsión de la demanda no es sencillo, el de evaluar la capacidad de la oferta resulta mucho más complejo de lo que puede parecer a primera vista.

La planificación y el desarrollo de la oferta deben realizarse desde una visión de sostenibilidad. Se requiere, por un lado, maximizar la utilización de las infraestructuras y las superestructuras existentes, reordenándolas en su caso; y por otro, desarrollar las que serán necesarias para que, una vez alcanzada la capacidad de las actuales, se disponga de las nuevas. Es un ejercicio que generalmente suscita el debate en relación con aspectos medioambientales y de uso del frente marítimo. Además, la indispensable competitividad de la oferta conformada requiere, en todo momento, unos niveles de servicio aceptables y conocidos, así como su permanente seguimiento y control.

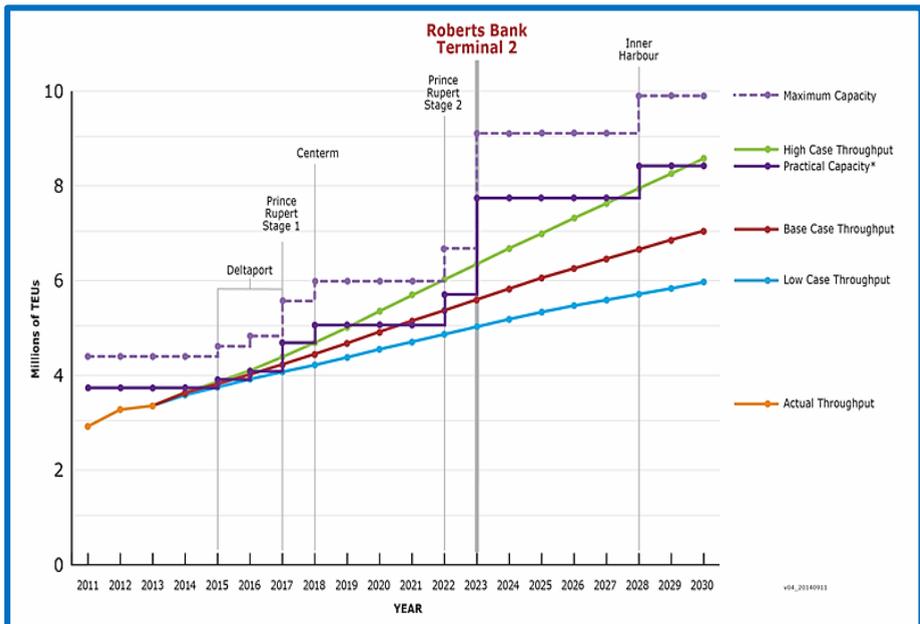
El interés histórico y vigente relativo al estudio y análisis del rendimiento en los puertos responde al desarrollo de diversas funciones de planificación y explotación portuaria. Así, tal ejercicio es necesario, por ejemplo, para:

- La planificación de infraestructuras y superestructuras portuarias (línea de atraque, superficies y equipos), es decir, la planificación de la capacidad de la oferta;
- La mejora de la capacidad de infraestructuras y superestructuras;
- El establecimiento de tarifas de manipulación portuaria; o,
- La mejora de la productividad de infraestructuras y superestructuras.

A la hora de acometer el ejercicio de la previsión de la demanda, desde antiguo se ha venido empleando la técnica denominada de “generación de escenarios”; y en el caso de la oferta, el uso de indicadores de productividad para estimar la línea de atraque y las superficies necesarias.

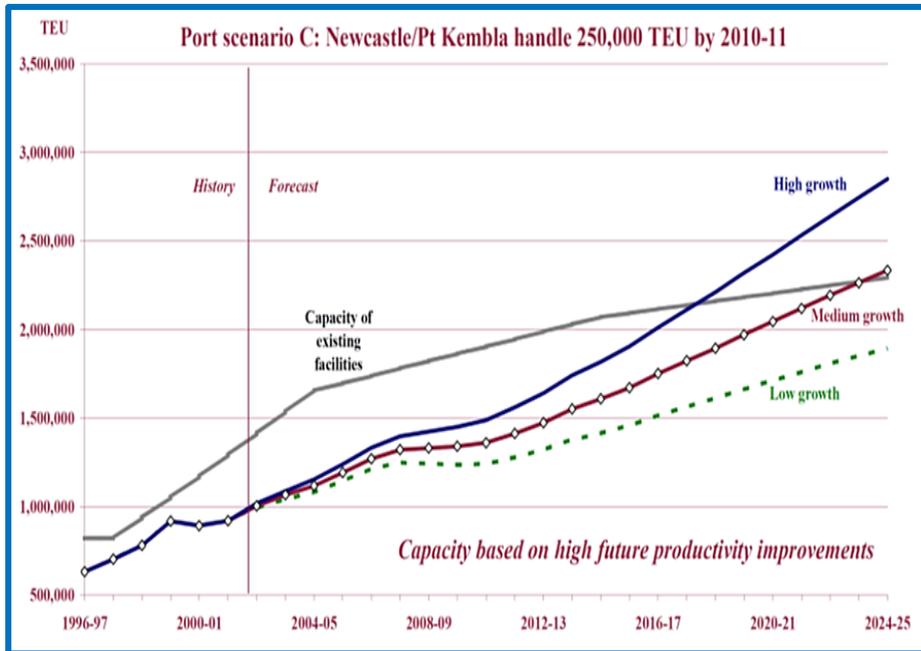
Es habitual perfilar una evolución de la demanda que varía con el tiempo (**Figura 8 y Figura 9**) y en función del escenario considerado. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la variación de la oferta (capacidad) se contempla, de manera errónea (**Figura 8**), que varía escalonadamente con la incorporación de nueva infraestructura, sin tener en consideración la más que probable mejora de la productividad, fruto de la incorporación de innovaciones tecnológicas y de gestión, que habitualmente se traduce en una evolución de la capacidad variable también con el tiempo (**Figura 9**).

**Figura 8: Tráfico de contenedores Canadá-Pacífico: Análisis evolución de la demanda versus la oferta (capacidad)**



FUENTE: PORT METRO VANCOUVER (2014). ANÁLISIS OCEAN SHIPPING CONSULTANTS

**Figura 9: Puerto Botany: Análisis evolución demanda versus la oferta**



FUENTE: SYDNEY PORTS CORPORATION (2003). ANÁLISIS ACCESS ECONOMICS Y MAUNSELL AUSTRALIA

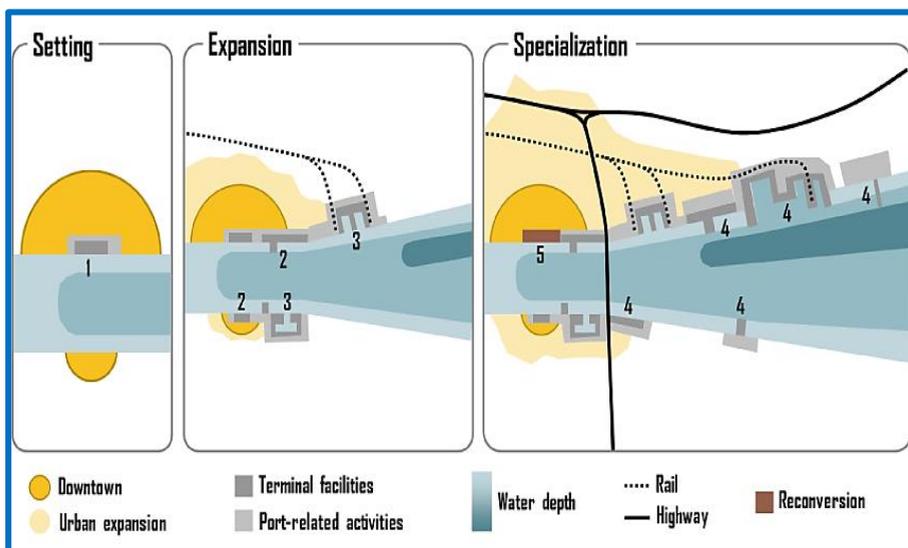
### III.3. Explotación portuaria: Los contratos de concesión de terminales

#### III.3.1. Concepto de terminal: Subsistemas

Desde una perspectiva histórica puede afirmarse que el concepto de terminal portuaria es una concepción moderna de la explotación portuaria (modelo *landlord*), que con anterioridad hacía uso del concepto de muelle (Rodríguez, 1977). En este sentido, lo significativo es que una alineación de atraques o muelles, normalmente especializada, pasa a ser gestionada por un único prestador de servicios a través de fórmulas de APP. No obstante, por ejemplo en el caso español, ya desde el siglo XIX se empleó la figura de la concesión demanial, tanto para la construcción de un puerto como para su explotación (por ejemplo, Puerto de Gandía en 1884).

Por su parte, Bird (1971), el padre del modelo “Anyport” (**Figura 10**) titulaba su obra “Seaport and Seaport Terminals” incorporando la dimensión de la especialización o “terminalización” en los puertos.

**Figura 10: Modelo “Anyport” de Bird: las terminales especializadas**



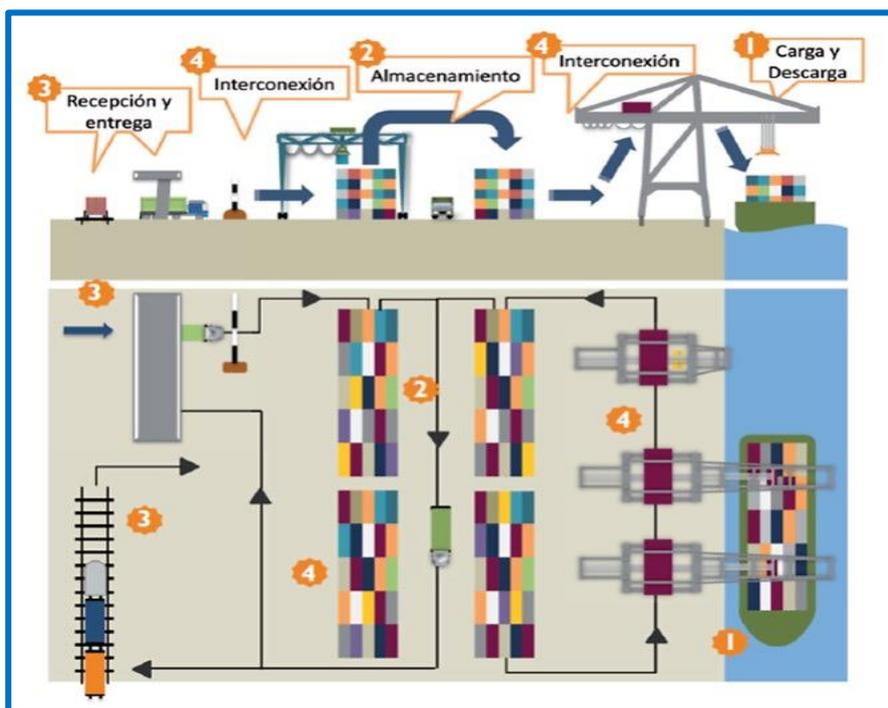
FUENTE: RODRIGUE

([HTTPS://PEOPLE.HOFSTRA.EDU/GEOTRANS/ENG/CH4EN/CONC4EN/PORTDEV.HTML](https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch4en/conc4en/portdev.html))

Una terminal portuaria es un intercambiador modal que suele disponer de un área de almacenamiento en tierra para coordinar los diferentes ritmos de llegadas de la mercancía vía marítima y terrestre (Monfort et al., 2001). Su misión es la de proporcionar los medios y la organización necesarios para que el intercambio de dicha mercancía entre los modos terrestre y marítimo tenga lugar en las mejores condiciones de rapidez, eficiencia, seguridad, respeto al medio ambiente y economía.

Asimismo, según Monfort et al. (2001 y 2011a), una terminal portuaria también puede definirse como un sistema integrado, con conexión física y de información con las redes de transporte terrestres y marítimas. Para su análisis se considera que está compuesto por cuatro subsistemas (**Figura 11**): carga/descarga (línea de atraque), transporte horizontal o interconexión, almacenamiento y recepción/entrega.

**Figura 11: Subsistemas de una Terminal de Contenedores**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011A)

1. El **subsistema de carga y descarga de buques o de línea de atraque** es el encargado de resolver la interfaz marítima, con todos los aspectos de infraestructura y equipamiento que ello conlleva (muelle, medios de carga y descarga, etc.), y las relaciones que, con los agentes implicados, son precisas en esta fase.
2. El **subsistema de almacenamiento** normalmente ocupa la mayor parte de la superficie de la terminal y su función es la de depósito temporal de las mercancías, permitiendo acompasar el ritmo y las prestaciones de los distintos medios de transporte. La disposición de este subsistema y su extensión dependen y son función de la tipología de la mercancía y de la forma de presentación de la misma, del tiempo de estancia, del volumen de tráfico, del equipamiento principal y de la lógica operacional (sentidos de circulación, alturas operativas, zonificaciones) que se empleen.
3. El **subsistema de recepción y entrega** está integrado por las puertas terrestres, almacenamiento temporal y accesos para camión y ferrocarril, por las tuberías o por las cintas, en función de cada caso, equipadas con aquellas instalaciones que se dispongan para facilitar la captación del alto volumen de información que en esa zona se adquiere, y por los espacios y equipos precisos para realizar la operación.
4. El **subsistema de interconexión** es el que asegura el transporte de las mercancías entre los subsistemas anteriores. Más que estar ligado a un espacio físico concreto (como pudieran ser los viales internos de interconexión), este subsistema comprende la solución tecnológica adoptada en cada caso para los movimientos físicos y de información que se precisan. En función de la tipología de la terminal y del equipo del subsistema de almacenamiento, se empleará una determinada maquinaria para cada uno de los movimientos y para el transporte interno de la mercancía.

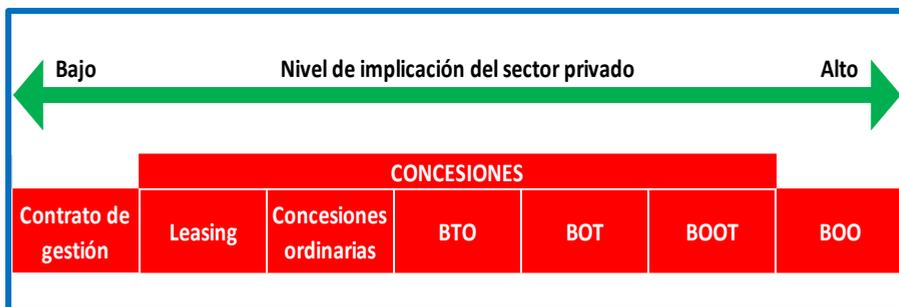
### III.3.2. El contrato de concesión de una terminal de contenedores

En los puertos que responden al modelo *landlord*, la infraestructura ha venido siendo financiada por el Gobierno y la Autoridad Portuaria, y la superestructura y los equipos por el sector privado. En algunas ocasiones, la Autoridad Portuaria, obligada a realizar continuamente importantes inversiones en accesos, infraestructuras en zonas comunes e incluso en sistemas de comunicación e información, ha incorporado la intervención del sector privado también en la financiación de infraestructuras, teniendo en cuenta las limitaciones habituales de los recursos económicos disponibles. En los últimos años, en algunos casos, las empresas privadas han financiado los muelles y rellenos de la terminal portuaria objeto de concesión.

Han surgido así diversos esquemas de financiación y administración; entre los que cabe destacar los siguientes (**Figura 12**):

- **BOT (*Build, Operate, Transfer*):** Se otorga una concesión mediante la cual el sector privado construye y opera una infraestructura por un periodo, revirtiendo después a la Autoridad Portuaria.
- **BTO (*Build, Transfer, Operate*):** A diferencia de la aproximación BOT, las infraestructuras construidas son transferidas inmediatamente a la Autoridad Portuaria, pero se mantiene la concesión para poder ser operado por el sector privado. En algunos países las leyes impiden que los privados tengan la propiedad de infraestructuras básicas.
- **BOOT (*Build, Own, Operate, Transfer*):** En este caso el concesionario tiene temporalmente la propiedad del espacio portuario y de la infraestructura, transfiriéndose al final del periodo a la Autoridad Portuaria, a un precio acordado previamente.
- **BOO (*Build, Own, Operate*):** Supone una privatización completa ya que el espacio portuario y las instalaciones no son transferidas a la Autoridad Portuaria.

**Figura 12: Modelos de participación del sector privado en la gestión y financiación de terminales**



FUENTE: ADAPTADO DE DE MONIE. (2005)

La herramienta más universal de “privatización portuaria” –entendida como el proceso o tendencia de mayor participación del sector privado en la inversión y prestación de servicios portuarios, sin que esto suponga, salvo en casos excepcionales (Reino Unido), la venta de los activos de los puertos por el sector público al privado- es el del instrumento del **contrato de concesión** (tipología BOT), personalizado en cada país de acuerdo con el correspondiente marco legal. Tal instrumento entra en la categoría de la más reciente denominación de Asociación Público Privada (APP).

En términos generales, desde la perspectiva del derecho administrativo, se puede definir el contrato de concesión portuaria de una terminal como aquel que otorga el sector público al privado para el uso del espacio portuario en el desarrollo de la prestación de servicios específicos. El caso más relevante en relación con la presente tesis es el de los contratos de concesión de terminales portuarias de manipulación de mercancías.

En el sistema BOT, tal vez de los más acordes en general con los modelos de puerto *landlord*, el sector privado asume el riesgo de la inversión en infraestructura y/o superestructura portuaria y de operarla rentablemente durante el plazo concesionado.

Este sistema de financiación y explotación se aplica generalmente en terminales portuarias, sin embargo también se ha aplicado, por ejemplo a canales de acceso al puerto. En este caso, el concesionario se compromete a realizar el dragado y mantenimiento del canal, a cambio de los ingresos por tarifas aplicables a los

buques que usan el mismo. Puede citarse como referencia el caso de San Martín-Rosario en el Río de la Plata Argentina, en que la concesión del canal de navegación incluía también la prestación de ayudas a la navegación siguiendo las recomendaciones de la IALA (International Association of Lighthouse Authorities).

En casos excepcionales, el BOT se plantea para un puerto entero (por ejemplo el Puerto de Paita en el Perú); se trataría en la práctica de una “privatización” completa por un tiempo limitado.

El contrato de concesión incluye un amplio conjunto de cláusulas que despliegan los derechos y obligaciones del concesionario en su relación con la administración que la otorga y con otras administraciones en su caso. Debe tenerse en consideración que se trata de contratos de largo plazo; por ejemplo, en el caso español el plazo máximo –prórrogas aparte- se amplió en el año 2014 de 35 a 50 años.

Una serie de las referidas cláusulas están directamente relacionadas con la planificación y gestión de la línea de atraque:

- La referida a la explotación de la línea de atraque: procedimiento en relación con la AP, prioridades de atraque, etc.
- La que contempla los indicadores de performance (tráfico mínimo, productividad de grúa, productividad de atraque, calidad de servicio, etc.) y sus valores.
- La de las obligaciones en inversiones de equipos de manipulación e infraestructura de atraque en su caso, con los valores referenciales o gatillos que las activan.
- La relativa a la facilitación de los indicadores de performance a la administración correspondiente y a la participación en un potencial Comité Mixto de Seguimiento de la evolución de los indicadores de performance.

Diversas fuentes (World Bank, 2001 y 2007; Drewry, 2002) han abordado la tarea de la estructuración del contenido de los contratos de concesión. En el caso español, la ORDEN FOM/938/2008, de 27 de marzo, que aprueba el pliego de condiciones generales para el otorgamiento de concesiones en el dominio

público portuario estatal hace lo propio, contemplando 8 títulos que despliegan 37 Reglas (Tabla 5). Al tratarse de un pliego general, las reglas particulares deben incorporarse a nivel de Autoridad Portuaria al objeto de adecuar el contenido al caso concreto de concesión.

**Tabla 5: Títulos y reglas del Pliego de condiciones generales para el otorgamiento de concesiones en el dominio público portuario estatal**

Título	Regla
<b>Título I: Disposiciones generales</b>	Regla 1. Régimen jurídico
	Regla 2. Objeto de la concesión
	Regla 3. Ámbito espacial de la concesión
	Regla 4. Plazo de la concesión
	Regla 5. Concurrencia de otros títulos
	Regla 6. Constitución de la garantía definitiva o de construcción
<b>Título II: Régimen de las obras</b>	Regla 7. Proyectos
	Regla 8. Ejecución de las obras previstas en los proyectos
	Regla 9. Plazos de ejecución de las obras
	Regla 10. Replanteo y entrega
	Regla 11. Incumplimiento de los plazos de inicio y de terminación de la obras
	Regla 12. Inspección de las obras
	Regla 13. Terminación de las obras
	Regla 14. Régimen de las obras no ajustadas a proyecto
	Regla 15. Devolución de la garantía de construcción
Regla 16. Conservación	
<b>Título III: Régimen económico de la concesión</b>	Regla 17. Modificación de las obras durante la vigencia de la concesión
	Regla 18. Tasas
	Regla 19. Gastos derivados del otorgamiento de la concesión
<b>Título IV: Condiciones de explotación</b>	Regla 20. Determinación del objeto de la concesión
	Regla 21. Garantía de explotación
	Regla 22. Gestión de la concesión
	Regla 23. Inactividad del concesionario
	Regla 24. Medidas preventivas y de seguridad
	Regla 25. Medidas medioambientales
	Regla 26. Seguros
	Regla 27. Actividad mínima o tráfico mínimo
	Regla 28. Balizamiento
<b>Título V: Transmisión, cesión y gravamen de la concesión</b>	Regla 29. Transmisión
	Regla 30. Cesión de la concesión
	Regla 31. Aspectos registrales
<b>Título VI: Modificación de la concesión</b>	Regla 32. Régimen de la modificación
	Regla 33. División de la concesión
<b>Título VII: Extinción de la concesión</b>	Regla 34. Causas y efectos de la extinción
	Regla 35. Rescate de la concesión
	Regla 36. Caducidad de la concesión
<b>Título VIII: Régimen sancionador</b>	Regla 37. Infracciones y sanciones

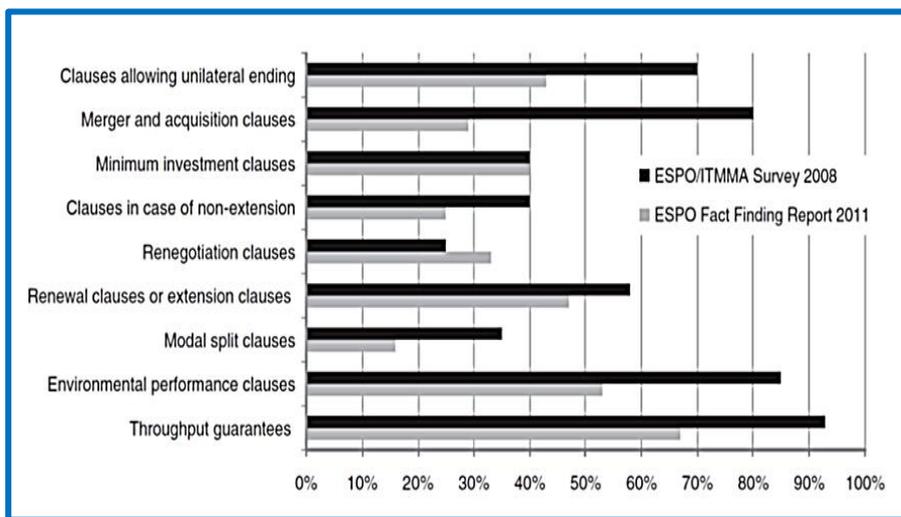
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE ORDEN FOM/938/2008

El World Bank (2007) aporta un completo *checklist* de aspectos que deben contemplarse en los contratos de concesión (Anexo 2).

La ESPO (2008, 2011) ha abordado el ejercicio de la caracterización del proceso del otorgamiento de concesiones en el ámbito de la gobernanza de los puertos en Europa. En ambas ocasiones llama poderosamente la atención el hecho de que no se pregunte sobre cláusulas relativas a la consideración del **nivel de servicio en el contrato de concesión**. El ámbito del análisis del performance portuario se reduce a las cláusulas de tráfico e inversiones mínimas y medioambientales (**Figura 13**).

Notteboom et al. (2012) abogan por el desarrollo de una guía de buenas prácticas que tres años después se mantiene como asignatura pendiente.

**Figura 13: Tipología de cláusulas en los contratos de concesión**

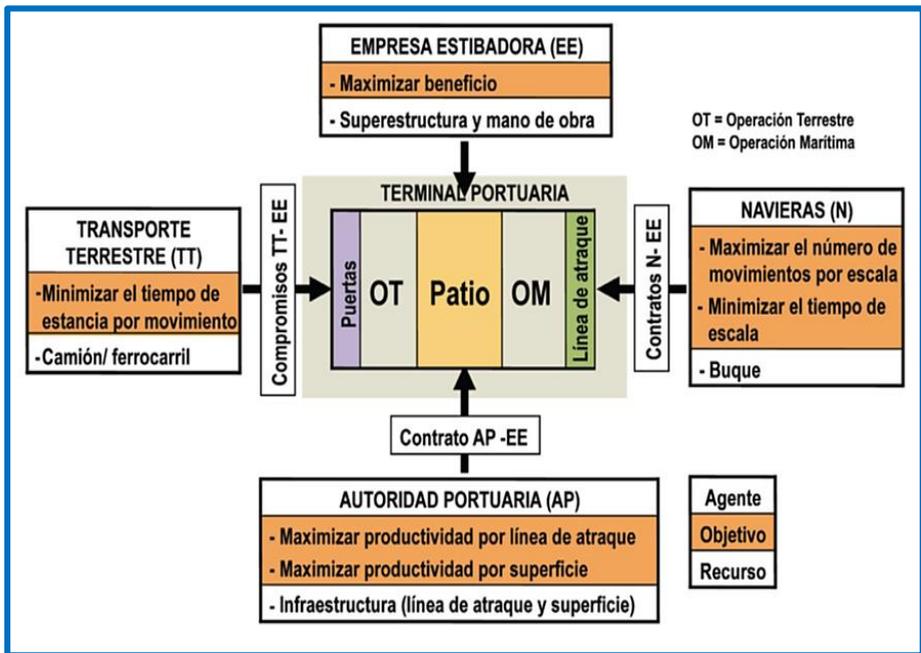


FUENTE: NOTTEBOOM ET AL. (2012)

A través del contrato de concesión se articula la relación entre la Autoridad Portuaria y el operador de la instalación. En torno a la prestación de los diferentes servicios de manipulación se genera un conflicto de intereses (**Figura 14**) entre los agentes que participan por cuanto sus objetivos y recursos son distintos. Así, la AP que normalmente aporta la infraestructura portuaria busca la optimización de su capacidad, haciendo lo propio el operador de la terminal

en relación con la superestructura que aporta. Por su parte, los navieros persiguen la máxima eficiencia en las operaciones, minimizando el tiempo de rotación del buque, y el transportista terrestre pretende tiempos de recepción/entrega reducidos.

**Figura 14: Esquema del conflicto de intereses en la terminal portuaria**



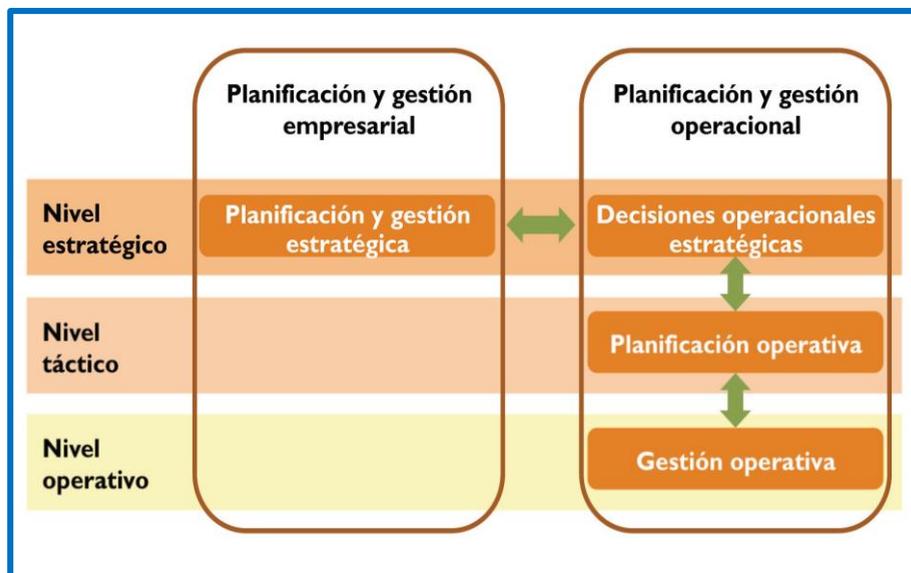
FUENTE: MONFORT (2008)

### III.3.3. Planificación y gestión de una TC: la línea de atraque

La planificación y gestión de una TC incluye dos dimensiones diferenciadas, complementarias y biunívocamente relacionadas (**Figura 15**):

- la **empresarial**, común a cualquier negocio, y;
- la **operacional**, específica de la actividad, en este caso el de las terminales portuarias.

Figura 15: Planificación y gestión de una TPC



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

Desde la dimensión empresarial se plantea si abordar o no el proyecto o negocio y en qué condiciones, en el contexto del ejercicio de planificación estratégica, desarrollando aspectos como la planificación y gestión financiera, la de pagos y cobros, la política de recursos humanos y la configuración del organigrama-plantilla, la política de calidad, etc., comunes a cualquier ámbito de negocio. En tal proceso empresarial de definición de la estrategia y de conformación de la propuesta de valor se toman decisiones que afectan a los aspectos operacionales de todos los niveles. Asimismo, en sentido inverso, la dimensión operacional retroalimenta la gestión estratégica a través de los mecanismos de seguimiento y control implantados ya que la operacional actúa principalmente sobre las perspectivas palanca de recursos y procesos del Cuadro de Mando Integral (CMI) que se presenta en el apartado V.3.2.

### III.3.3.1. Necesidades estratégicas de una terminal

Al igual que otros sectores, inicialmente las terminales portuarias de contenedores focalizaban todos sus esfuerzos en la mejora del rendimiento operacional por dos motivos, ambos referidos a la perspectiva económica del negocio. El primero de ellos era y sigue siendo la reducción de los costes de la operativa por contenedor manipulado. El segundo, satisfacer los requisitos de nivel de servicio que imponían sus clientes directos, las navieras –requisitos de tiempos de estancia en puerto y productividades–. La mejora del rendimiento operacional está también relacionada con la obtención de resultados económicos mediante el crecimiento del volumen de las operaciones derivado de la satisfacción del cliente (gestión de clientes o marketing).

Con la modernización de la interpretación del concepto de cliente de la terminal portuaria hasta alcanzar la acepción más amplia de la palabra, que incluye a navieras y otros transportistas, cargadores, el entorno, la Administración, otros *stakeholders* y la sociedad en general (Monfort, 1995), y con la evolución de las demandas de aquellos considerados históricamente como clientes, las navieras, las terminales han reformulado su estrategia y su Propuesta de Valor de forma que dan cabida a las necesidades de todos estos agentes, incorporando objetivos estratégicos de seguridad y protección (perspectiva social) y de sostenibilidad ambiental (perspectiva ambiental). Las actuaciones derivadas de estas propuestas no suelen reportar beneficios económicos directos, sino que su necesidad se hace patente al incorporar los impactos negativos que genera la empresa a modo de externalidades a la hora de calcular la viabilidad económica del negocio. Por otro lado, en muchas ocasiones, invertir en la sociedad conlleva beneficios de imagen que bien gestionados, pueden tener una influencia positiva en las cuentas de la empresa a largo plazo.

Así, en la concepción moderna que requiere el negocio de las TCs, puede concluirse que para un desarrollo sostenible de la actividad de la terminal (**Figura 16**), su estrategia debe considerar, de manera simultánea, las siguientes necesidades estratégicas:

- La mejora del rendimiento operacional;
- El incremento de la seguridad y protección;
- La contribución a la sostenibilidad ambiental.

**Figura 16: Desarrollo sostenible y necesidades estratégicas de una TC**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

La mejora del **rendimiento operacional** hace referencia a la necesidad estratégica de la perspectiva económica del negocio. Su enunciación es la más intuitiva de las tres puesto que responde a los intereses de la propia terminal – sus accionistas– y de las navieras –sus clientes comerciales–. Al mejorar el rendimiento operacional la terminal consigue reducir sus costes, ampliando su margen de beneficio, y aumentar su capacidad, lo que le permite incrementar el volumen de operaciones. Ambas cuestiones, el margen de beneficio y el volumen de operaciones, son las variables que determinan el resultado económico de una empresa.

Sin embargo, como ocurre en otras industrias, en una TC el volumen de operaciones no depende exclusivamente de la capacidad. Esta es una condición necesaria pero no suficiente. El volumen de operaciones depende de la decisión del cliente de la adquisición del servicio, función a su vez de su grado de satisfacción respecto a la Propuesta de Valor formulada por la terminal.

La Propuesta de Valor de una TC, además de estar vinculada a su ubicación geográfica, contar con una oferta de infraestructuras adecuada (instalaciones y

conexiones con las infraestructuras de transporte terrestre), procurar precios competitivos, etc., debe garantizar una calidad o nivel de servicio mínimo, atractivo para el segmento de mercado al que se dirige, de forma que pueda captar y fidelizar clientes (navieras), y por consiguiente incrementar su volumen de operaciones y sus beneficios económicos. De esta forma, en el negocio de la manipulación de contenedores el rendimiento operacional forma parte de la Propuesta de Valor.

En definitiva, la mejora del rendimiento operacional afecta al rendimiento económico de la TC, por un lado, reduciendo los costes de las operaciones y aumentando la capacidad de las instalaciones y por otro, incrementando su volumen de operaciones mediante la formulación de una Propuesta de Valor (nivel de servicio) más competitiva. Por todo ello, constituye la primera y más básica de las tres necesidades estratégicas de cualquier terminal y genera buena parte de las iniciativas estratégicas de su Plan de Acción.

En cuanto al incremento de la **seguridad y protección**, la perspectiva social del Desarrollo Sostenible en terminales portuarias de contenedores demanda procesos cada vez más seguros frente a accidentes y también en términos de defensa. La seguridad hace referencia a los trabajadores de la terminal, las infraestructuras, las instalaciones, los equipos, la mercancía, los buques y las aguas portuarias, entre otros. La seguridad frente a accidentes en aguas portuarias contribuye además a la sostenibilidad ambiental. Por su parte, la protección (*security* en inglés) pretende una mejora en el grado de defensa frente a peligros, daños, pérdidas y actividades criminales, y afecta a las mercancías, los buques, las instalaciones portuarias, los trabajadores de la terminal y el resto de agentes implicados como los servicios de transporte terrestre o los de inspección.

En este sentido, al igual que en otros sectores, además de la regulación común, como la relativa a prevención de riesgos laborales, el transporte marítimo también dispone de normativa propia. Diferentes organismos internacionales públicos y privados y asociaciones interregionales, generalmente inducidas por grandes catástrofes causadas por accidentes o ataques, así como por la creciente persecución del contrabando, han aprobado convenios, reglas, recomendaciones y normas, etc., con diferente grado de obligatoriedad de transposición y cumplimiento para los países que los suscriben. Entre ellos destacan el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los

Buques (MARPOL 73/78), el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS, 1960) y el Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (Código PBIP, ISPS *Code* en inglés, 2002), los tres promulgados por la Organización Marítima Internacional (OMI, IMO en inglés), agencia especializada de la ONU.

En otras ocasiones, debido al carácter global del comercio marítimo, son los propios países con su legislación nacional quienes afectan al desarrollo del intercambio de mercancías contenedorizadas. En este sentido, en lo relativo a protección, Estados Unidos puso en marcha en 2002 la Iniciativa de Seguridad de Contenedores (*Container Security Initiative*, CSI), que tiene como objetivo impulsar la seguridad en las fronteras de Estados Unidos y proteger el sistema de comercio mundial mediante el control de los contenedores que se embarcan en los puertos de todo el mundo con destino a ese país (CBP, 2011).

Estos convenios, reglas, recomendaciones, normas y leyes imponen nuevas restricciones al transporte marítimo, convirtiéndose en requisitos mínimos para la prestación del servicio que limitan el modelo de negocio de las terminales portuarias de contenedores, dificultando el flujo físico del contenedor y haciendo más complejo el flujo documental asociado a este. El reto para estas empresas consiste en cumplir con la legalidad sin que su rendimiento se vea afectado y con los menores costes posibles.

Por otro lado, además de para poder desarrollar su actividad en el marco de la legalidad, las terminales portuarias invierten en seguridad y protección para minimizar las pérdidas consecuencia de fallos a este respecto.

Como conclusión de lo anterior, la necesidad de incremento de la seguridad y protección debe ser tomada en cuenta desde la estrategia y abordada desde el Plan de Acción de la terminal portuaria de contenedores, lo que la convierte en su segunda necesidad estratégica.

Finalmente, la contribución a la **sostenibilidad ambiental** responde a la necesidad estratégica de la perspectiva medioambiental del Desarrollo Sostenible y es consecuencia de las nuevas demandas de la sociedad, cada vez más concienciada del impacto ambiental que produce la actividad de un puerto comercial.

En la actualidad el transporte marítimo se configura como una de las alternativas de transporte de mercancías más viables en lo que a sostenibilidad se refiere. Sin embargo, el comercio marítimo, como cualquier otra actividad humana, genera impactos en el medio físico no solo en la costa sino también en otras zonas del territorio por extensión de la cadena logística del contenedor. El crecimiento del tráfico marítimo durante la segunda mitad del siglo XX requiere de la construcción de infraestructuras de transporte que consumen recursos y generan residuos durante las distintas fases de su vida útil. Conscientes de sus impactos, los puertos han elevado las cuestiones relacionadas con el medio ambiente a la categoría de aspectos clave para su gestión.

Dentro del puerto, las terminales portuarias y los buques que escalan en estas son los causantes de la mayor parte de los impactos producidos durante la fase de explotación de las infraestructuras (Trozzi y Vaccaro, 2000) y por tanto deben asumir como suya la necesidad estratégica de sostenibilidad ambiental de los puertos, y cooperar minimizando y mitigando sus impactos medioambientales negativos. Dichos impactos afectan principalmente a la calidad de las aguas, la contaminación del fondo marino, la calidad del aire, el nivel de ruido y de vibraciones, la gestión de residuos y la contaminación lumínica.

En este sentido, para disminuir el impacto ambiental de las terminales se está innovando e invirtiendo en mejoras de eficiencia energética encaminadas a minimizar la cantidad de energía consumida por contenedor movido, pero también a potenciar el uso de energía eléctrica (Vieira et al., 2011). Además de contribuir al medio ambiente, la mejora de eficiencia energética, al igual que la mejora de la eficiencia de las operaciones en general, reporta beneficios económicos inmediatos como consecuencia de la reducción de costes de producción por unidad.

Con carácter general, la localización de un puerto en un determinado lugar implica la aparición de infraestructuras donde antes no existían y, por consiguiente, priva a la sociedad de otros usos del suelo, a lo que se añade la alteración del paisaje. En este aspecto la mejora del rendimiento operacional puede contribuir a la sostenibilidad ambiental desde el punto de vista que implica un mejor aprovechamiento del espacio y por lo tanto minimiza la superficie necesaria frente a un escenario menos productivo, y así se retrasa la

construcción de ampliaciones que consumen nuevos recursos materiales y producen más impactos ambientales.

### **III.3.3.2. Decisiones operacionales en TCs: clasificación**

#### *Clasificación según el horizonte de planificación y gestión*

En la literatura técnica sobre planificación en terminales portuarias de contenedores se observa el interés por clasificar las decisiones operacionales a modo del conjunto de problemas a los que se enfrenta la terminal en su explotación.

Las primeras clasificaciones atendían únicamente al horizonte temporal en el que se desarrolla la decisión. Así, Meersmans y Dekker (2001) y Günther y Kim (2005) plantearon que las decisiones referidas al equipamiento y a la planificación del trabajo se podían clasificar en tres categorías en función del nivel de decisión o del horizonte temporal respectivamente, que resultan ser equivalentes. La propuesta de Henesey (2006) también tiene un primer criterio de clasificación que es el marco temporal. Por su parte, Lehmann (2006) propuso una clasificación en solo dos categorías, de modo que la primera agrupa las dos superiores de los otros autores y la otra coincide con la tercera de los demás. Por último, Böse diferencia entre las relativas a la infraestructura y a la superestructura y maneja tres horizontes temporales para el nivel de terminal. Así pues, hay gran consenso en diferenciar niveles u horizontes temporales de decisión y las cuestiones de las que se ocupa cada uno, aunque los autores difieren en el nombre de las categorías (**Tabla 6**).

**Tabla 6: Clasificación de las decisiones operacionales o problemas en función del horizonte de planificación**

Autores	Meersmans y Dekker (2001)	Günther y Kim (2005)	Henesey (2006)	Lehmann (2006)	Böse (2011)	
Denominación	Nivel de decisión	Problemas	Marco temporal	Problemas	Planificación	
Niveles	Estratégico	De diseño	Estratégico	De diseño	Infraestructura	
	Táctico	De planificación de operaciones	Táctico		Superestructura	
	Operacional	De control en tiempo real	Operativo	Logísticos	Terminal	Largo/Estratégico Medio/Táctico Corto/Operacional

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### Clasificación por subsistemas

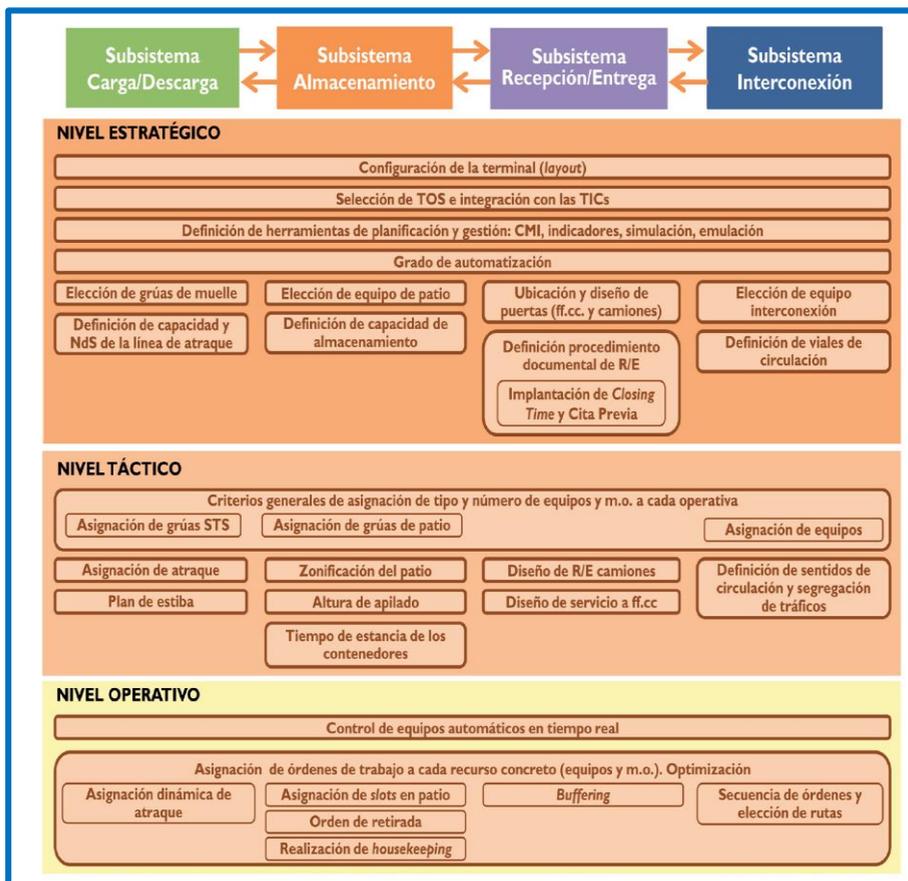
Es numeroso el conjunto de decisiones operacionales o problemas que vienen siendo objeto de análisis, tanto a nivel teórico como práctico, en relación con la planificación y explotación de las TCs y que se corresponden con uno o más subsistemas de la TC y con distintos horizontes de planificación y gestión (**Figura 17**).

Por ejemplo, entre las decisiones operacionales relacionadas con el subsistema de carga/descarga de buques (línea de atraque) se identifican los siguientes:

- En el nivel operativo, la propia asignación dinámica de los atraques de los buques (Imai, 2001, 2003 y 2007). En función del desarrollo real de las operaciones se hace necesario ajustar la programación de los atraques al objeto de alcanzar la máxima productividad de los recursos. La productividad de las grúas de muelle depende en gran medida de una adecuada gestión en tiempo real de los equipos de interconexión y de los slots del patio de almacenamiento.
- En el nivel táctico, la terminal maneja criterios generales de asignación de tipo y de número de equipos y de mano de obra portuaria y de asignación de atraques. En coordinación con los operadores de las líneas de navegación y de los capitanes de los buques intercambia la información necesaria para secuenciación de las operaciones y elaboración del plan de estiba.

- En el nivel estratégico, se toman de decisiones a las especificaciones de las grúas de muelle a emplear, se estima la capacidad de la terminal y se hace el seguimiento del nivel de servicio ofertado a los navieros.

**Figura 17: Clasificación de decisiones operacionales en TCs**



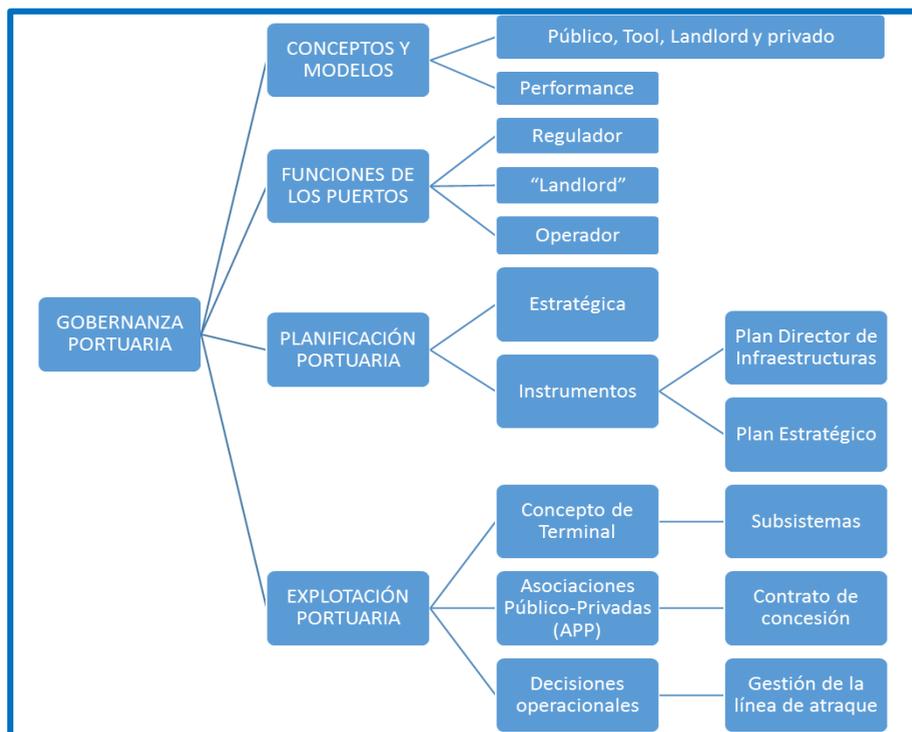
FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)



### III.4. Síntesis del capítulo tercero

En este capítulo se ha desarrollado el ámbito temático de la gobernanza portuaria al objeto de enmarcar y contextualizar la dimensión de gestión que se aborda en la tesis y que incluye tanto la dimensión pública como la privada relativa a la explotación de la línea de atraque. En la **Figura 19** se esquematizan los contenidos del capítulo tercero.

**Figura 19: Síntesis del capítulo tercero**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## CAPÍTULO IV

# Evolución del transporte marítimo y tráfico portuario en contenedor y de su gestión

---

Desde el nacimiento del tráfico contenedorizado a mediados de la década de los cincuenta, las sucesivas innovaciones incorporadas en el mismo han venido impulsando procesos análogos en los puertos, al objeto de dar respuesta a las necesidades operativas de los buques (**Tabla 7**).

En relación con el contenedor como elemento de transporte, fue imprescindible su estandarización que se produjo en 1970, casi 15 años después de su primer empleo a bordo del buque Ideal X en 1956. También el tamaño del contenedor dio paso al incorporado contenedor de 45' en 1980 y al de 53' (2007) que no acabara de imponerse.

El buque ha sido el protagonista de múltiples innovaciones como en el caso del lanzamiento del primer buque celular en el año 1957 que abrió la puerta del crecimiento en capacidad de la oferta con las sucesivas generaciones de buques portacontenedores que superaron las dimensiones actuales del Canal de Panamá en 1988 con la familia post-panamax a partir de los 4.500 TEUs y que hoy se sitúan en el entorno de los 21.000 TEUs.

Por otro lado, la potenciación de la intermodalidad de la cadena logístico-portuaria del contenedor supuso la incorporación del ferrocarril a través del concepto de canal seco (1972) y del "doble-stack" en 1984. También en este año la naviera Sea-Land puso en explotación el primer servicio "*round the world*".

En lo relativo al aspecto organizativo de las líneas navieras se identifica el primer precedente de las posteriores alianzas de navieras en el consorcio naviero de ACL/OCL de 1965. En paralelo a las alianzas entre navieras se han venido produciendo adquisiciones que han consolidado el modelo de integración horizontal del sector, resaltando entre las más significativas:

- La fusión de P&O y Nedlloyd y la compra de NOL por APL en 1997,
- la fusión entre CMA y CGM y la compra de Sea-Land por Maersk en 1999;  
y,
- la compra de P&O-Nedlloyd por Maersk en 2005.

**Tabla 7: Innovaciones en el tráfico logístico-portuario de contenedores marítimos**

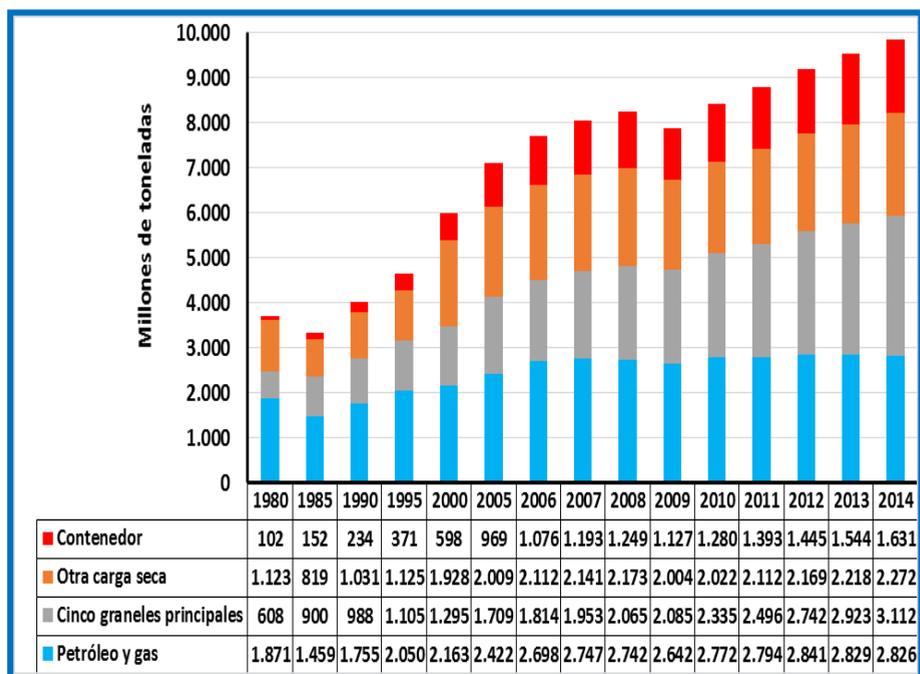
Innovación			
Año	Descripción	Tipología	Comentario
1956	Conversión tanquero T-2	Buque	
1956	Invencción del "corner" del contenedor	Contenedor	
1957	Conversión carguero a celular	Buque	1ª generación
1965	Consorcio naviero ACL/OCL	Cadena logístico-portuaria	Precedente de las alianzas
1966	Lanzamiento servicio intercontinental	Cadena logístico-portuaria	
1966	Primeros servicios feeder	Cadena logístico-portuaria	
1968	Portacontenedores de 800-1.500 TEUs	Buque	2ª generación
1970	Estandarización ISO de los contenedores 20'/40'	Contenedor	
1972	Sea-Land lanza buque de 1.968 TEUs a 33 nudos	Buque	Relentizado/ Abandonado 1974/1981
1972	Sea-Land introduce servicio canal seco (ffcc)	Cadena logístico-portuaria	
1972	Portacontenedores de 3.000 TEUs	Buque	3ª generación
1980	Contenedores de 45'	Contenedor	
1984	US Lines lanza el Econship 4.200 TEUs a 18 nudos	Buque	Quiebra en 1986
1984	Primer servicio "round the world"	Cadena logístico-portuaria	Abandonado en 2002
1984	APL introduce el doble stack en ferrocarril	Cadena logístico-portuaria	
1988	Primer buque post-panamax 4.500 TEUs	Buque	4ª generación
1990	Buques sin tapas de bodegas	Buque	Último construido en 2009
1996	Primer VLCS - 7.400 TEUs	Buque	5ª generación
2006	Primer ULCS - 15.500 TEUs	Buque	6ª generación
2007	APL introduce cont de 53'	Contenedor	Abandonado en 2013
2008	Maersk lanza sistema online de booking youship.com	Cadena logístico-portuaria	Abandonado en 2009
2009	Extra slow steaming	Cadena logístico-portuaria	
2012	Super slow steaming	Cadena logístico-portuaria	
2013	Primer ULCS - 18.200 TEUs	Buque	7ª generación

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE ALPHALINER (2013)

## IV.1. Evolución del Transporte marítimo y tráfico portuario

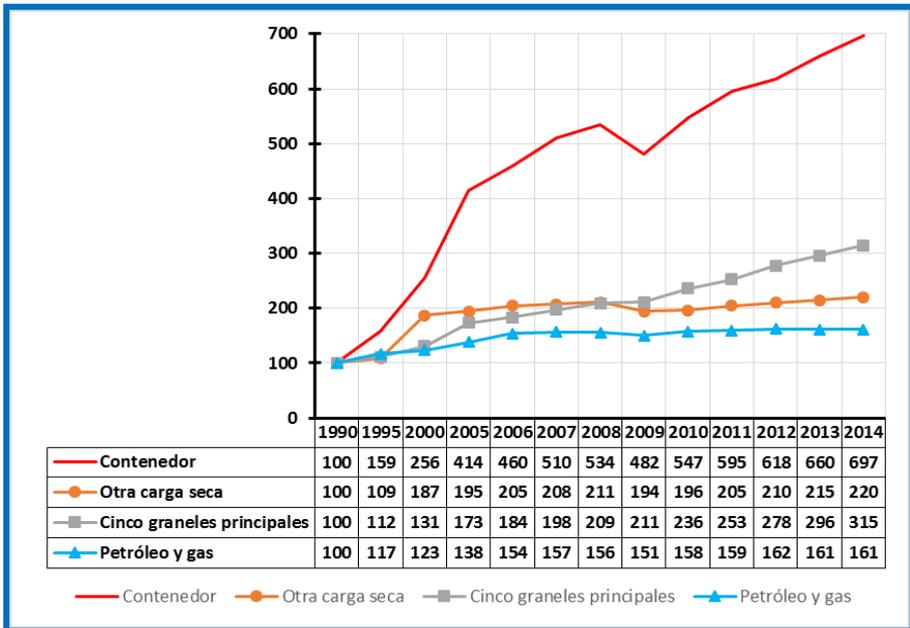
El transporte marítimo mundial viene creciendo desde 1985 de manera ininterrumpida –salvo en el año 2009 por la crisis –, habiendo pasado de 4.008 millones de toneladas en 1990 a 9.841 millones de toneladas en 2014 (Figura 20) con una tasa anual media de crecimiento del 6,6%. En el caso particular del comercio marítimo en contenedor la variación ha sido vertiginosa, alcanzando un 697% en el periodo 1990-2014 (Figura 21 y Figura 22).

**Figura 20: Comercio marítimo mundial (millones de toneladas) 1980-2013 según clasificación UNCTAD**



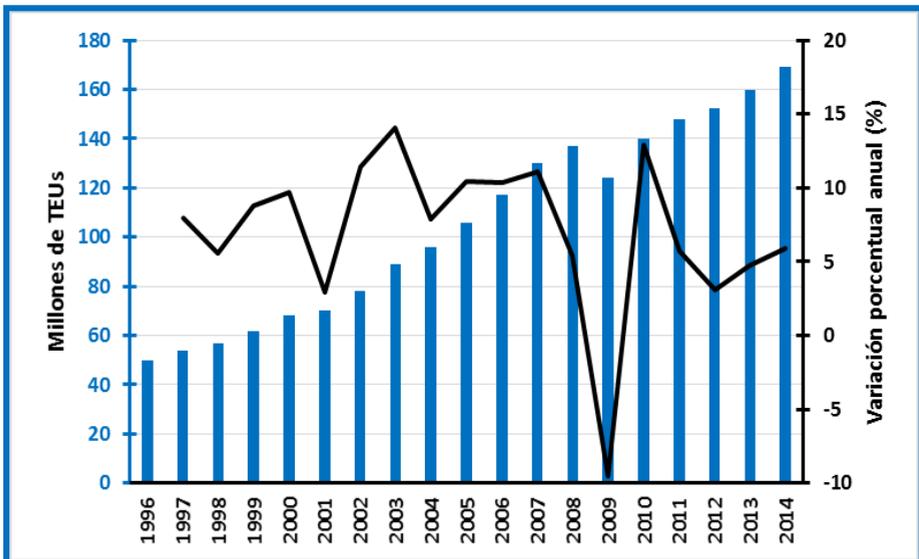
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: UNCTAD (2015)

**Figura 21: Evolución relativa (1990 Base 100) según clasificación UNCTAD**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: UNCTAD (2015)

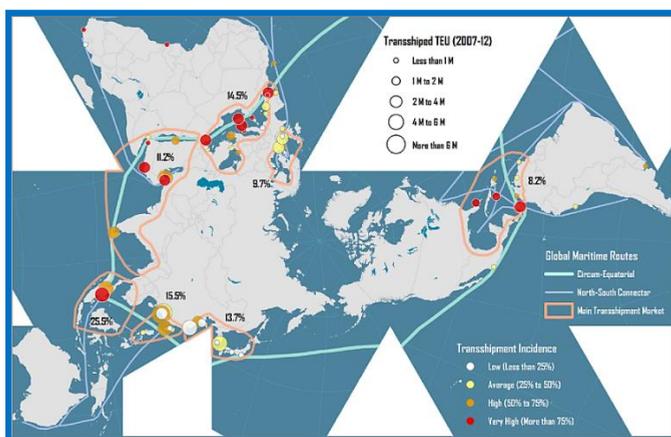
**Figura 22: Evolución del comercio en contenedor**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: UNCTAD (2014)

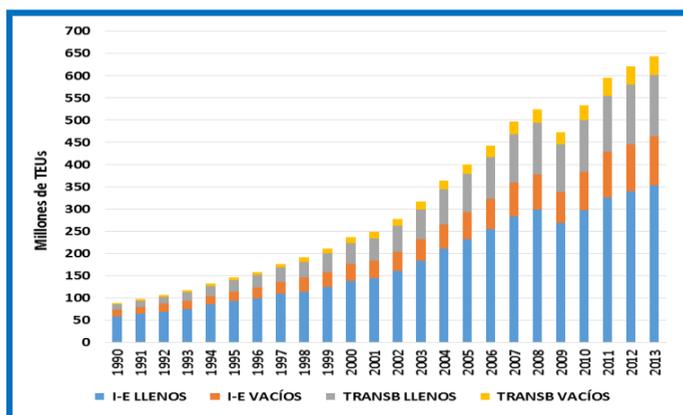
El tráfico portuario de contenedores, como consecuencia de los desbalances import/export, tanto en volumen como en tipología de contenedor (20'/40') y de la estrategia logística de los navieros del tránsito internacional, comúnmente conocido como transbordo (**Figura 23**), propiciada por el crecimiento del tamaño de los buques, ha crecido de manera espectacular incrementando el tráfico comercial import/export un 82,4% para 2013 al incorporar los correspondientes tráficos de contenedores vacíos y de transbordo (**Figura 24**), expresados en TEUs.

**Figura 23: Áreas de concentración del tráfico de tránsito marítimo (“transbordo”)**



FUENTE: RODRIGUE ([HTTP://PEOPLE.HOFSTRA.EDU/JEAN-PAUL\\_RODRIGUE/](http://people.hofstra.edu/jean-paul_rodrigue/))

**Figura 24: Evolución 1990-2013 del tráfico portuario mundial por O/D y LL/V**

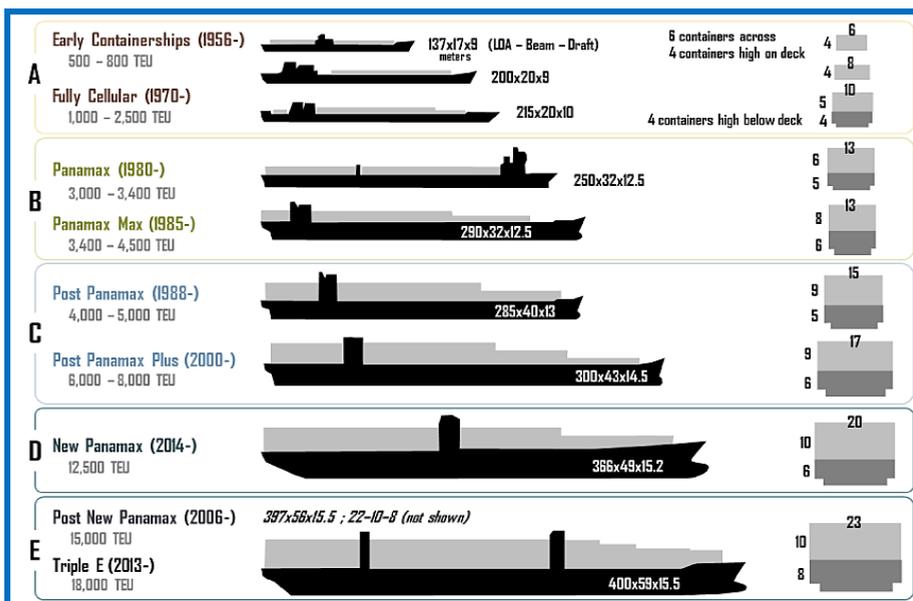


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY

### IV.1.1. Evolución de los buques portacontenedores

Desde que Malcom MacLean habilitara en 1956 un buque tanquero, el *Ideal X* con 96 TEUs de capacidad, para el transporte marítimo de contenedores, el tamaño y la capacidad de los buques contenedores ha crecido sostenidamente hasta situarse en la actualidad en el entorno de los 21.000 TEUs de capacidad (Figura 25).

**Figura 25: Evolución de los buques portacontenedores: clasificación**



FUENTE: ASHAR Y RODRIGUE (2012)

A lo largo de los años se han venido planteando diversas clasificaciones (“generaciones”) de los buques portacontenedores que combinan diversos criterios: no celular/celular, capacidad (TEUs), contenedores de manga, etc. Entre ellas, la más relevante es la relativa a las dimensiones del buque respecto a la capacidad de las esclusas del Canal de Panamá que en la actualidad permite el paso de buques de hasta 13 contenedores de manga. Con la ampliación, el límite quedará en 19-20 contenedores de manga dando lugar a la categoría de New o Neo Panamax. Con las dimensiones oficialmente anunciadas, a julio de 2015, la manga sería de 19 contenedores pero según las fuentes oficiales del Canal hay margen para alcanzar una fila más (Tabla 8). Fue en el año 1988

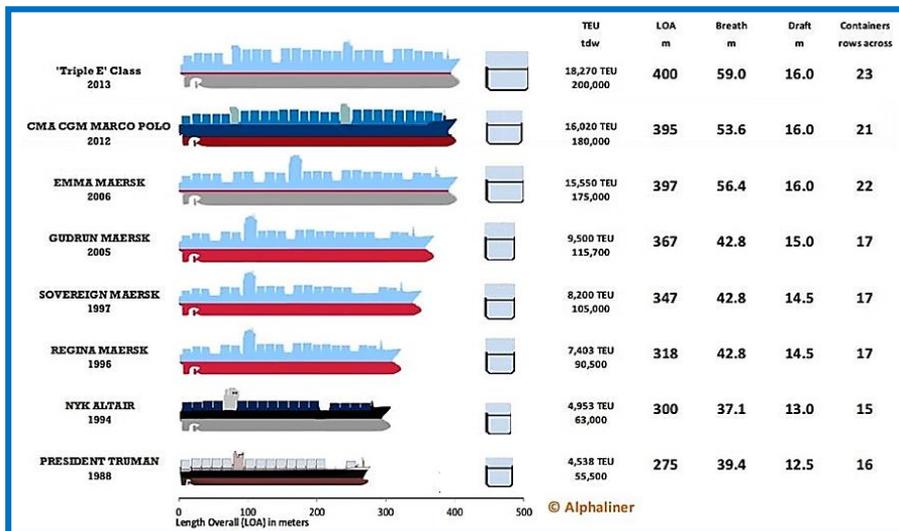
cuando la naviera APL puso en servicio el President Truman primer buque post-panamax con 16 contenedores de manga. El mayor buque en servicio en la actualidad (por ejemplo, serie Triple E de Maersk) alcanza los 400 metros de eslora, 16 metros de calado y 23 contenedores de manga (Figura 26).

**Tabla 8: Caracterización de la flota Neo-panamax (a 1 de julio de 2015)**

Buques	Nº Bays	17	17-18	19-20	21	22	22
	Eslora (m)	299-300	301-320	321-340	341-360	361-366	367-370
17 filas de manga 42-43 m	Nº actual	43	22	165	40	12	0
	Nº encargo	2	0	2	0	0	0
	TEUs	6.300-7.800	6.700-7.900	8.000-9.600	8.600-9.600	9.500-9.700	0
18 filas de manga 42-43 m	Nº actual	23	15	98	34	16	0
	Nº encargo	0	0	1	0	0	0
	TEUs	7.500-8.700	8.100-8.600	8.400-9.600	9.900-11.000	11.300-11.600	0
19 filas de manga 42-43 m	Nº actual	64	0	31	0	95	0
	Nº encargo	73	0	46	0	6	0
	TEUs	8.600-10.600	0	10.000-11.000	0	12.500-14.000	0
20 filas de manga 42-43 m	Nº actual	0	0	0	0	41	38
	Nº encargo	0	0	0	0	33	16
	TEUs	0	0	0	0	11.300-14.500	13.800-15.000
<b>RESUMEN</b>							
Denominación (características)		Flota actual		Flota en construcción		Total	
Sub Neo-panamax (17-22 bays de eslora/17-18 filas de manga)		468		5		473	
Neo-Panamax (17-22 bays de eslora/19 filas de manga)		190		125		315	
Potencial Neo-panamax (22 bays de eslora/19 filas de manga)		79		49		128	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE ALPPHALINER (2015, ISSUE 31)

**Figura 26: Mayor buque portacontenedores 1988-2013: características**



FUENTE: ALPHALINER (2013)

#### IV.1.2. Evolución de las grúas portacontenedores de muelle

La primera grúa portacontenedores de muelle (“Ship to shore” –STS-), contruida por PACECO, se puso en servicio en 1959 en la Terminal Encinal (Puerto de Oakland, Alameda, California) para la línea naviera Matson (**Figura 27**). La grúa de unas 325 toneladas de peso, con una pluma con un alcance de 24 m se elevaba 15,5 m sobre el muelle. Desde entonces y en paralelo al crecimiento de los buques, las STS han aumentado de tamaño, superando los 70 m de alcance y los 50 m sobre el nivel del muelle, con un peso de unas 2.250 toneladas (**Tabla 9**).

**Figura 27: Grúa Paceco en la Terminal Encinal. Año 1959**



FUENTE: WWW.ASME.ORG

**Tabla 9: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización**

Características	Unidad	Matson	Panamax	Panamax	Post-Panamax	Superpost-Panamax	Malaccamax
		1959	1972	1977	1990	2006	Actual
Alcance frontal	(m)	24	34	38	45	65	65-72
Ancho entre railes	(m)	10,4	15,2	30,5	30-35	30-35	30-42
Alcance trasero	(m)	8	15	18	15-20	15-20	15-25
Capacidad de elevación	(t)	24,0	40,0	50,0	60,0	100	100-140
Altura sobre muelle	(m)	16	22	25	32	42-48	45-50
Velocidad del hoist (lleno/vacío)	(m/min)	30/160	30/75	50/120	65/125	75/150	90/180
Velocidad del trolley	(m/min)	125	150	180	175/225	225/375	240/375
Velocidad de la grúa	(m/min)	45,0	45,0	45,0	45,0	45	45,0
Levante pluma grúa (duración)	(min)	3	5-6	4-5	5	5	5
Peso total	(t)	± 325	± 550	± 750	± 1.000	± 1.500	± 2.250
Carga en punta	(t)	± 100	± 275	± 425	± 525	± 700	± 850

FUENTE: HAM, H.C. VAN; RIJSENBRIJ (2012).

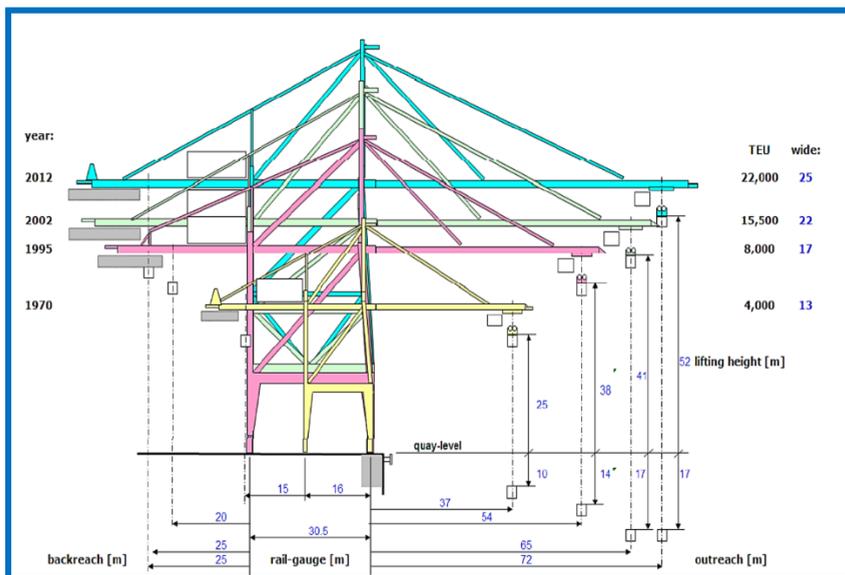
El elemento principal de clasificación de las grúas de muelle es el alcance, lo que da pie a la categorización en feeder, panamax, post-panamax, super-post-panamax y malaccamax (Tabla 10 y Figura 28).

**Tabla 10: Evolución de las grúas de muelle para contenedores: caracterización**

Características	Unidad	Feeder	Panamax	Post-Panamax	Superpost-Panamax	Malaccamax
Alcance frontal	(m)	21-30	30-42	42-48	48-60	60-70
Ancho entre railes	(m)	12,24	15,24-23	15,24-30,48	15,24-30,48	30,48
Altura sobre muelle	(m)	15-25	20-30	30-35	35-42	42-52
Capacidad de elevación bajo spreader	(t)	30-40	30-45	40-60	50-70	60-70
Velocidad del hoist	(m/min)	60/120	60/120	75/150	90/180	90/180
Velocidad del trolley	(m/min)	150	150/180	180/210	210/240	210/240
Velocidad de la grúa	(m/min)	45	45	45	45	45

FUENTE: PACECO (2015)

**Figura 28: Evolución del tamaño de las grúas portacontenedores (STS)**



FUENTE: APM TERMINALS (2012)

### IV.1.3. Evolución del layout y equipamiento de muelle de las terminales de contenedores

Las primeras terminales de contenedores se implantaron en USA de la mano de tres compañías navieras: Matson, Sealand y Alaska Steam. En los primeros años, el nuevo tráfico contenedorizado compartía con otras formas de presentación de las mercancías alineaciones de atraque en muelles polivalentes. Como se ha indicado, fue Matson la compañía naviera que puso en servicio la primera grúa de muelle para contenedores empleando straddle carriers como equipo de patio (Figura 29). Por su parte Sealand optó por equipar sus buques con medios propios (Figura 30). Entre los años 1965 y 1985 la magnitud que más creció en las TCs fue la superficie que prácticamente se duplicó (Figura 31) como respuesta a la mejora de la productividad de la línea de atraque, propiciada por el incremento en el número de grúas por atraque que pasó progresivamente de un promedio de una grúa a dos por atraque.

**Figura 29: Terminal de Matson. Puerto de Los Angeles. Medios años 60**



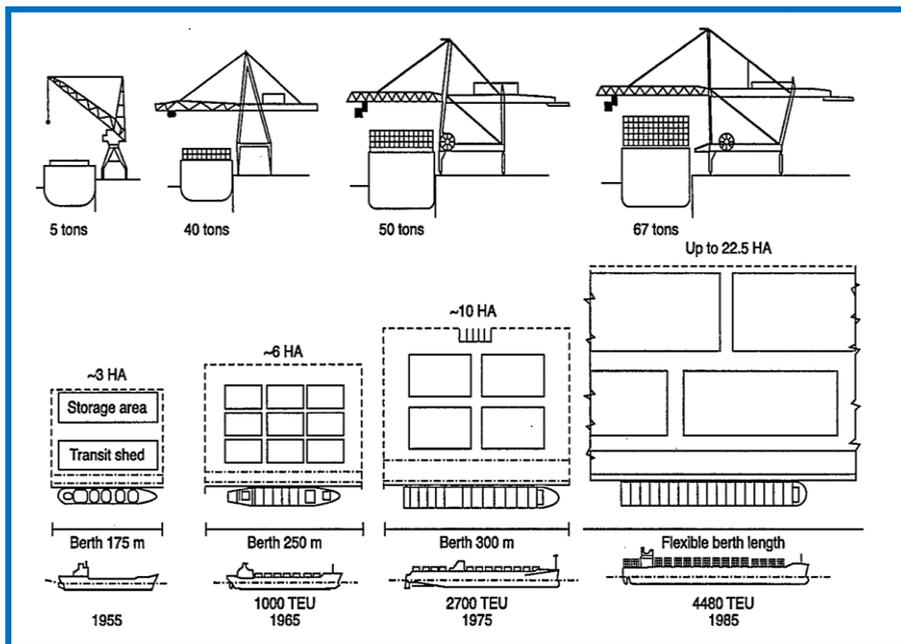
FUENTE: PUERTO DE LOS ANGELES

**Figura 30: Terminal de Sea-Land en Elizabethport, Oakland. 1962**



FUENTE: PUERTO DE OAKLAND

**Figura 31: Evolución del layout de las terminales de contenedores 1965-1985**



FUENTE: THORESEN, C.A. (2010)

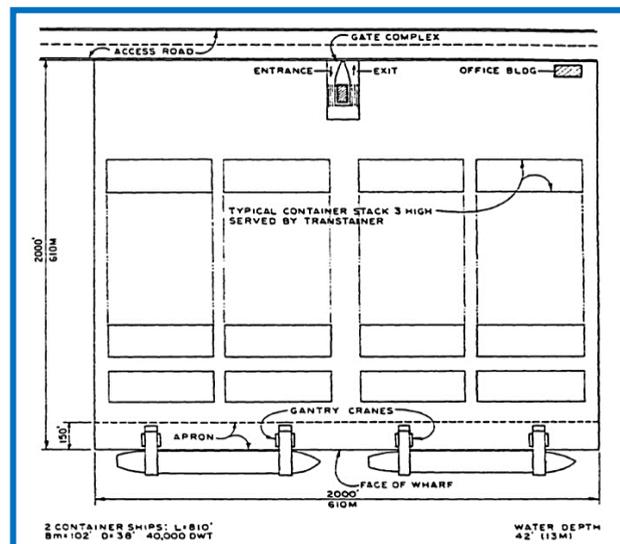
En 1986, la Administración Marítima de los Estados Unidos de América (MARAD USA, 1986) aportaba sendos módulos de 1 y 2 atraques para terminales de contenedores de sistema chasis y transtainer (RTG) en patio (Tabla 11 y Figura 32).

**Tabla 11: MARAD USA: Característica de los módulo de TCs**

Característica	Unidad	Sistema chasis	Sistema RTG	
		1 atraque	1 atraque	2 atraques
Eslora Buque diseño	(m)	274	274	274
Calado buque diseño	(m)	12,2	12,2	12,2
Longitud atraque	(m)	305	305	610
Calado atraque	(m)	12,8	12,8	12,8
Ancho terminal	(m)	792	530	610
Superficie	(ha)	24,2	16,2	37,2
Grúas de muelle	(nº)	2	2	4
Capacidad anual	Toneladas	1.350.000	1.350.000	3.300.000
	TEUs (1 TEU= 12t)	112.500	112.500	275.000
	TEUs/m	369	369	451
	TEUs/ha	4.657	6.959	7.390
	TEUs/grúa	56.250	56.250	68.750

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: MARAD USA (1986)

**Figura 32: MARAD USA: Módulo de TC – Sistema chasis**

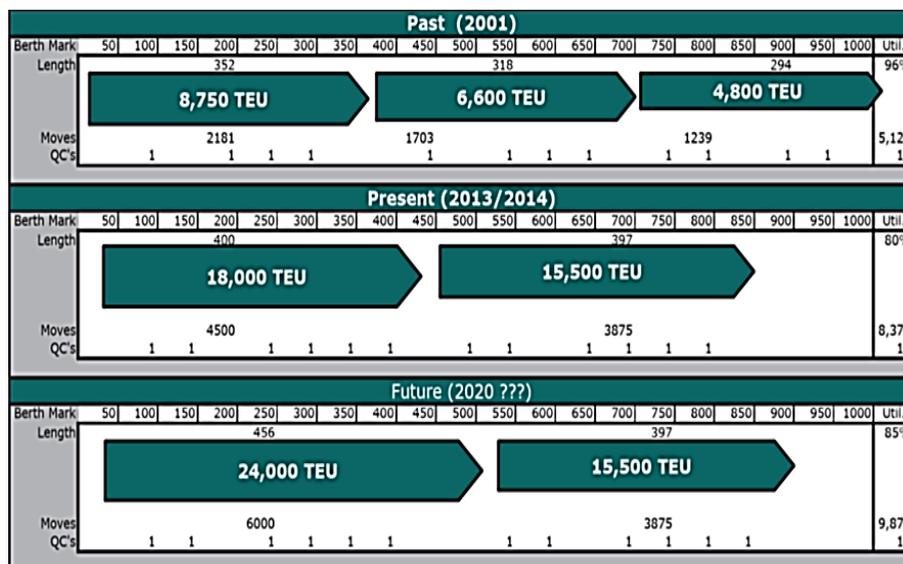


FUENTE: MARAD USA (1986)

Desde la puesta en explotación de los buques de 18.000 TEUs y de la prevista puesta en servicio de mayores buques, la consultoría internacional acomete análisis de la repercusión de tales buques sobre la oferta de las TCs y de los requerimientos de productividad para las configuraciones de buques atracados en el muelle. Por ejemplo, en la **Figura 33** se plasman 3 posibles configuraciones de atraque en una terminal de 1.050 metros de línea de atraque servida con 12 grúas –esto es 88 m de distancia entre grúas- en tres escenarios temporales.

En todos los casos se ha supuesto una productividad de grúa de 28 mov/h lo que resulta en una productividad de grúa por metro de atraque y hora de 0,34. Si bien la productividad de atraque (P) de los escenarios 2013/2014 y futuro es mayor, alcanzando los 168 mov/h frente a los 113 del escenario 2001, la capacidad por metro lineal de la instalación disminuye por cuanto para la misma calidad de servicio se requieren menores tasas de ocupación de muelle al pasar de tres a dos atraques. Se hace necesario pues incrementar la productividad de las grúas y/o su número al objeto de mantener la capacidad de la instalación (**Tabla 12**).

**Figura 33: Diversas configuraciones de atraque. Terminal de 1.050 m de LA**



FUENTE: LANE, A. AND MORET. CH. (2014)

**Tabla 12: Indicadores resultantes de las configuraciones de atraque de la Figura 33**

Longitud línea atraque (m)	2001				2014			2020 ¿?		
	1000				1000			1000		
Buques	Buque 1	Buque 2	Buque 3	Total	Buque 1	Buque 2	Total	Buque 1	Buque 2	Total
Esloras	352	318	294	964	400	397	797	470	397	867
Capacidad buque	8.750	6.600	4.800		18.000	15.500		24.000	15.500	
Número de grúas	5	4	3	12	6	6	12	6	6	12
% mov s/capacidad buque	25	25	25		25	25		25	25	
Movimientos	2.188	1.650	1.200	5.038	4.500	3.875	8.375	6.000	3.875	9.875
Movimientos/m eslora	6,2	5,2	4,1	5,2	11,3	9,8	10,5	12,8	9,8	11,4
Movimientos/hora grúa	28	28	28		28	28		28	28	
Horas operación	15,6	14,7	14,3	44,6	26,8	23,1	49,9	35,7	23,1	58,8
Mov/m atraque hora	0,40	0,35	0,29	0,34	0,42	0,42	0,34	0,36	0,42	0,34
P (movimientos/hora año)	140	112	84	113	168	168	168	168	168	168
Capacidad anual (TEUs/m), M/E4/3; calidad = 0,1				1.365						
Capacidad anual (TEUs/m), E2/E4/3; calidad = 0,1				1.755						
Capacidad anual (TEUs/m), M/E4/2; calidad = 0,1							995			995
Capacidad anual (TEUs/m), E2/E4/2; calidad = 0,1							1.465			1.465

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### IV.1.4. Evolución de la automatización de las terminales de contenedores

Se entiende por automatización industrial el uso de elementos o sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos y computarizados para controlar máquinas y procesos, reduciendo así la intervención humana en el desarrollo de la actividad. Se materializa en la medida de que se trate de procesos sistemáticos y repetitivos que respondan a unas reglas y condiciones que puedan ser identificadas y objeto de programación. La correspondiente disciplina abarca tanto la instrumentación de campo para la toma de datos, como la gestión de dichos datos para la toma de decisiones y el control de las operaciones.

La estandarización del elemento de transporte - el contenedor- y de su forma de manipulación, junto con el elevadísimo nivel de movimientos que se realizan ha favorecido y propiciado la incorporación y el avance tecnológico de las terminales como dimensión fundamental de su productividad y rentabilidad. Así se ha alcanzado en las TCs un alto grado de automatización de los procesos y de los equipos.

Los primeros pasos se produjeron en lo relativo a la incorporación de aplicaciones informáticas y de comunicaciones para la gestión del flujo de información en el interior de las terminales y con los modos marítimo y terrestre, consolidándose año tras año diversas generaciones de Sistemas Operativos de Terminales (Terminal Operating Systems –TOS) sucesivamente más eficientes. En lo relativo a la automatización de los equipos de manipulación, el hito más relevante se produjo con la puesta en explotación de ECT Delta Terminal –Puerto de Rotterdam, Países Bajos– en 1993 que significó la introducción del concepto de “terminal automatizada” en atención a su máximo grado de automatización hasta la fecha. Estaba equipada con *Automated Stacking Cranes (ASCs)* y *Automated Guided Vehicles (AGVs)*, por lo que prescindía de operadores en la manipulación de los equipos de almacenamiento e interconexión marítima, respectivamente, siendo asimismo automatizadas la recepción y entrega (asistida por controladores remotos por cuestiones de seguridad) de los contenedores en el lado terrestre.

Una solución intermedia entre las terminales automatizadas y las terminales manuales es, por ejemplo, la automatización parcial o semi-automatización de los movimientos principales. Se suele emplear el término de “terminal semi-automatizada” para aquellas en las que, mientras el movimiento en patio está automatizado, la interconexión muelle-patio-muelle se efectúa con equipos convencionales.

Las terminales automatizadas y semi-automatizadas emplean automatizaciones mayores o totales, que se materializan en equipos automatizados, como las ASCs y los AGVs anteriormente mencionados. Sin embargo, el término semi-automatización también puede referirse al manejo de equipos por control asistido o la sistematización de algunas de las funciones de los equipos mediante automatizaciones menores o parciales. Las automatizaciones mayores o totales de equipos son la suma de un conjunto integral e integrado de tecnologías o sistemas que por separado podrían considerarse automatizaciones menores. Así, en ocasiones, es posible automatizar totalmente equipos convencionales mediante la implementación de las automatizaciones menores necesarias mediante un proceso de *retrofitting*. Esta es una solución para terminales en servicio que todavía no han amortizado su inversión inicial en equipamiento (Monfort et al., 2012). La combinación de diferentes automatizaciones mayores y menores da como resultado terminales portuarias de contenedores con distintos grados de automatización.

Por otro lado hay que reseñar que las primeras automatizaciones, y las más extendidas e implementadas en TCs en lo relativo a la automatización del flujo del contenedor y de la información son las relacionadas con los procesos que tienen lugar en las puertas terrestres de la terminal. En este sentido, se sigue trabajando en el perfeccionamiento de sistemas de captación de los datos en la interfaz terminal-cadena logística. Este interés por automatizar la captura de información es común a la puerta terrestre y marítima (subsistema de línea de atraque), aunque es la primera de ellas la que recoge un mayor volumen de datos debido a la atomización de los medios de transporte.

Finalmente, las grúas de muelle son los elementos de la operativa cuya automatización se encuentra menos desarrollada, aunque por ello precisamente es por lo que se prevé que sea el equipo que experimente un mayor salto tecnológico en los próximos años. Hasta la fecha, los esfuerzos de

automatización de las grúas de muelle han resultado en automatizaciones menores que implementadas, de fábrica o mediante procesos de *retrofitting*, permiten mecanizar algunas de las funciones que hasta la fecha dependían de la destreza del gruísta. Estas se han encaminado hacia el control de los movimientos del *spreader*, tanto los involuntarios (balanceo y oscilaciones) como su trayectoria, y la conexión entre las grúas de muelle y los equipos de interconexión. En paralelo, las terminales y los fabricantes están probando sistemas que suponen un gran impulso cualitativo hacia la automatización de las grúas STS. En abril de 2015 se ha inaugurado oficialmente la terminal APMT Maasvlakte 2 –Puerto de Rotterdam, Países Bajos–, exhibiendo el mayor grado de automatización alcanzado hasta la fecha, al combinar la automatización de puertas y de patio, con la automatización casi total del recorrido del carro de las grúas de muelle, que está asistido por control remoto desde la torre de operaciones de la terminal, únicamente en los últimos metros de aproximación al buque.

Sin duda que la automatización de TCs tiene claras ventajas y desafíos técnicos y sociales que han requerido y requieren grandes dosis de innovación y planificación (**Tabla 13**).

**Tabla 13: Ventajas y desafíos de la automatización de TCs**

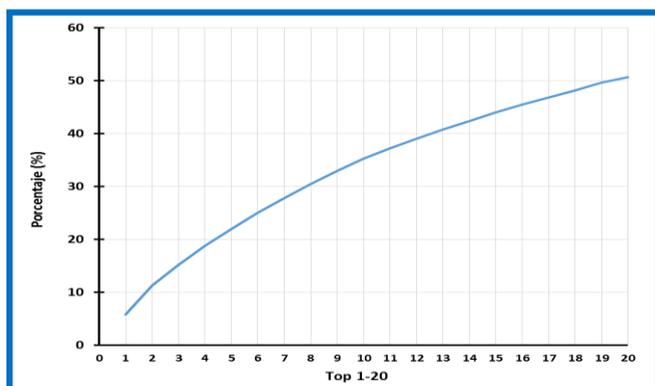
	VENTAJAS	DESAFÍOS
<b>Rendimiento operacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcanzan productividades de operativa mayores</li> <li>• Operan con altas ocupaciones de muelle y altas densidades de patio: ofrecen mayor capacidad a igualdad de espacio</li> <li>• Generan operativas más ordenadas y metódicas, reduciendo la incertidumbre de los tiempos de respuesta</li> <li>• Tienen una mayor capacidad para priorizar cambios operacionales</li> <li>• Se ven menos afectadas por factores externos y por la falta de estibadores</li> <li>• Hacen un uso de los recursos más eficiente</li> <li>• Permiten un mayor control de la operativa al existir una comunicación continua entre los sistemas de control y la flota de equipos, lo que facilita el proceso de toma de decisiones en tiempo real</li> <li>• Requieren un menor volumen de operaciones de housekeeping, que pueden programarse para ser ejecutadas sin interferir con la operativa de carga y descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son menos flexibles en la programación de las operaciones</li> <li>• Los escenarios nuevos deben ser previamente programados</li> <li>• Tienen una mayor dificultad para reaccionar ante situaciones no regulares</li> <li>• Son menos flexibles para adaptarse a los picos de demanda</li> </ul>
<b>Seguridad y protección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementan de la seguridad en la terminal al reducir el riesgo de fallo humano</li> <li>• Incorporan sistemas de protección</li> </ul>	
<b>Sostenibilidad ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operan con equipamiento eléctrico (menor consumo, emisiones y ruido)</li> <li>• Aprovechan mejor el espacio (menos ampliaciones)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden generar conflictos laborales (pérdida de puestos de trabajo)</li> </ul>
<b>Rentabilidad econ-finan.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen menores costes operacionales variables</li> <li>• Tienen menores costes operacionales de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren una inversión de capital (mucho) mayor</li> </ul>

FUENTE: MARTÍN-SOBERÓN ET AL. (2014)

## IV.2. Evolución de la gestión de los operadores transporte marítimo y de tráfico portuario de contenedores

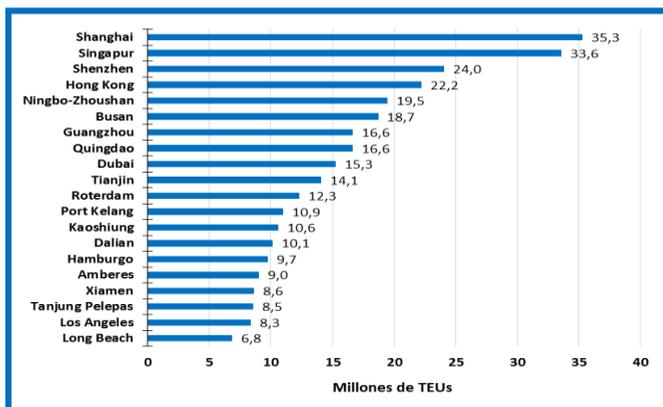
De los 644 millones de TEUs que se movilizaron en los puertos a escala mundial en 2014, los Top 20 puertos para esta categoría de tráfico manejaron aproximadamente el 50% del mismo (**Figura 34**). El 75% de los puertos del Top 20 son asiáticos (**Figura 35**), no encontrándose ningún puerto europeo ni americano en el Top 10.

**Figura 34: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TRANSPORTE XXI (2015)

**Figura 35: Top 20 puertos de tráfico contenedorizado. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TRANSPORTE XXI (2015)

#### IV.2.1. Evolución de la capacidad de las navieras de transporte marítimo de contenedores

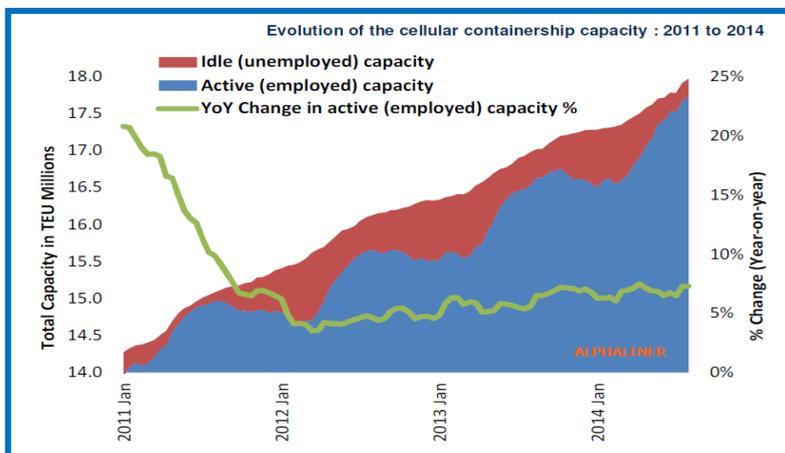
A nivel mundial, en junio de 2015 se dispone de una flota de seis mil (6.032) buques portacontenedores con una capacidad total de casi veinte millones (19.796.914) de TEUs. Tres años antes la capacidad era de unos 16,5 millones de TEUs para una flota de casi seis mil buques (5974). En tres años la capacidad ha aumentado un 20,3% y el número de buques un 1% de modo que el tamaño medio de la flota ha crecido un 19,1% pasando de un tamaño medio de buque de 2.755 TEUs a 3.282 TEUs evidenciando la apuesta del sector naviero por el crecimiento del tamaño de los buques en busca de una mayor economía de escala (**Tabla 14 y Figura 36**).

**Tabla 14: Flota de buques portacontenedores. Años 2012 y 2015**

	<b>Junio 2015</b>	<b>Junio 2012</b>	<b>Variación (%) 2012-2015</b>
<b>Flota total</b>	19.796.914	16.456.982	20,3
<b>Buques total</b>	6.032	5.974	1,0
<b>Tamaño medio total buques</b>	3.282	2.755	19,1
<b>Flota celular</b>	19.355.555	15.976.266	21,2
<b>Buques celulares</b>	5.113	4.944	3,4
<b>Tamaño medio buque celular</b>	3.786	3.231	17,1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: ALPHALINER

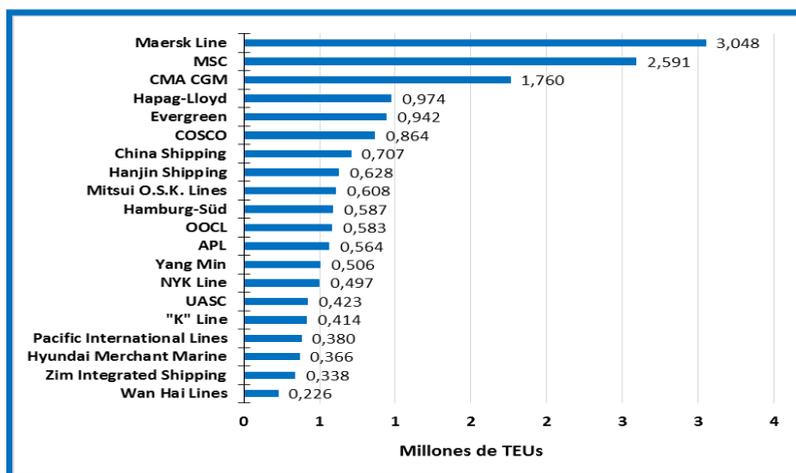
**Figura 36: Evolución 2011-2014 de la capacidad en uso y ociosa de la flota celular de buques portacontenedores**



FUENTE: ALPHALINER (2014, ISSUE 32)

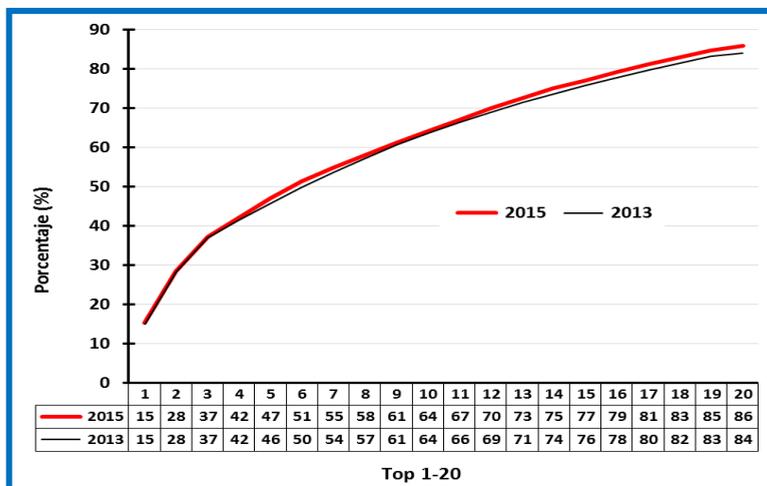
Maersk, MSC y CMA-CGM son las compañías navieras más destacadas en el ranking de capacidad de flota (Figura 37). Entre las 3 manejan el 37% de la capacidad en un mercado mundial en el que el Top 20 concentra el 85% de la capacidad de la flota celular (Figura 37 y Figura 38).

**Figura 37: Capacidad de las Top 20 navieras de tráfico marítimo en contenedor (millones de TEUs). Junio 2015**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TRANSPORTE XXI (2015)

**Figura 38: % acumulado de los Top 20 navieros de contenedores. Años 2013 y 2015**

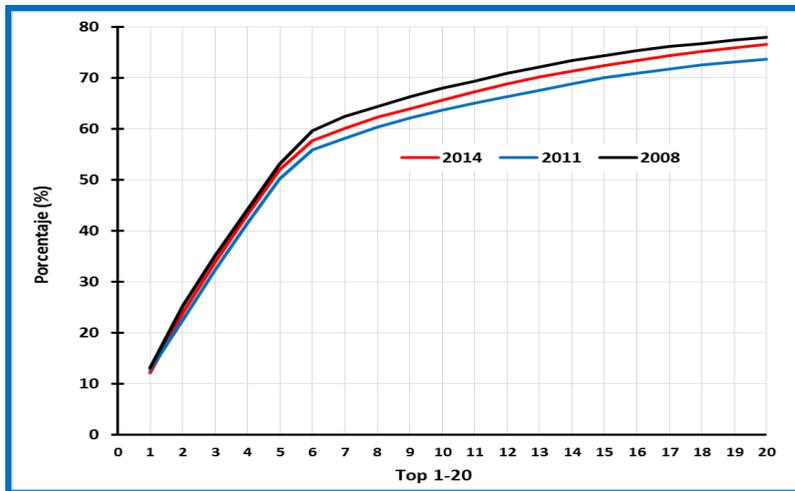


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: ALPHALINER Y TRANSPORTE XXI (2015)

#### IV.2.2. Evolución de los operadores de terminales de contenedores

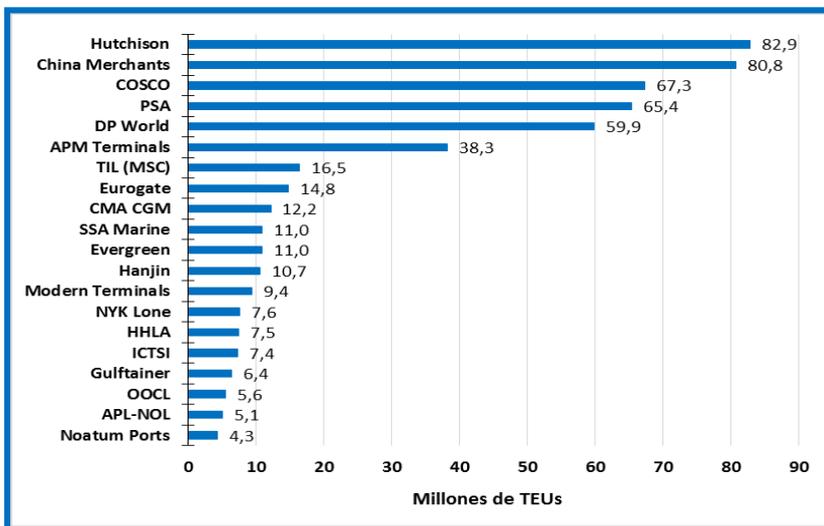
El sector de los operadores de terminales de contenedores presenta una fuerte concentración que se ha venido consolidando en las dos últimas décadas, alcanzado el TOP 20 de los mismos porcentajes próximos al 80% de los contenedores manipulados en el conjunto de las terminales del mundo (**Figura 39**). Los denominados operadores globales como Hutchison, PSA; DPWorld o APM Terminals (**Figura 40**) se encuentran implantados a nivel mundial conformando una potente red global.

**Figura 39: % acumulado de los Top 20 operadores de TCs. Años 2008, 2011 y 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TRANSPORTE XXI (2015)

**Figura 40: Top 20 operadores de TCs. Año 2014**

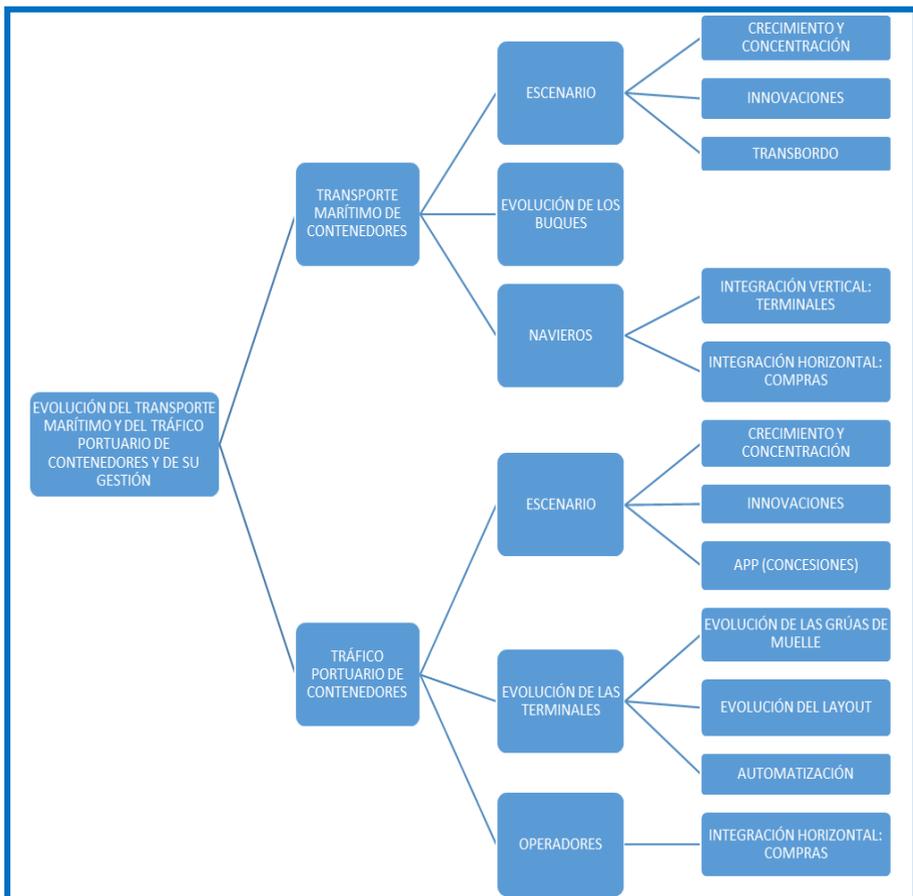


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TRANSPORTE XXI (2015)

### IV.3. Síntesis del capítulo cuarto

En este capítulo se ha desarrollado el análisis de la evolución del transporte marítimo y del tráfico portuario de contenedores, abordando la evolución del escenario mundial en volúmenes y tendencias, de los operadores globales, de los buques portacontenedores y las terminales de contenedores. En la **Figura 41** se esquematizan los contenidos del capítulo cuarto.

**Figura 41: Síntesis del capítulo cuarto**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



## CAPÍTULO V

# El concepto de rendimiento (performance) portuario y su medición: Estado del arte

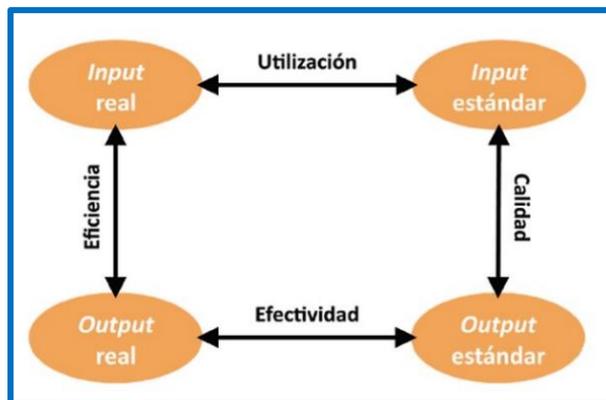
---

Los distintos autores que desde los años 60 del pasado siglo han abordado el intento de acotar y ordenar los diversos conceptos que se manejan en el ámbito del rendimiento portuario han reivindicado la necesidad de emplear conceptos y mediciones análogas al objeto de posibilitar el análisis y el *benchmarking* de los mismos y su evolución para terminales, puertos y sistemas portuarios. Así, el ICCP Enriquez (1961) presentaba en la decana Revista de Obras Públicas un artículo bajo el título de “Productividad portuaria” y en su arranque afirmaba que “en realidad mejor hubiera sido encabezar el presente trabajo con otro título extraído de la escala que, comenzando en uno tan jovial como el de “quisicosas portuarias” (enigma de pregunta muy dudosa y difícil de averiguar), pudiera terminar en uno más pomposo y rimbombante, pero no tan comprometedor como el elegido”.

Una de las dificultades añadidas es el amplio espectro de perspectivas que se abordan desde el término de performance: la económica, la técnica y la de los procesos (ingeniería).

La medición del performance se expresa a través de medidas de **input** (por ejemplo, tiempo, coste, recurso), de **output** (por ejemplo, producción, tráfico, beneficio) y medidas expresadas como **ratios** (productividad, eficiencia, efectividad, etc.). En tal contexto, Bichou (2007), a título ilustrativo presenta la matriz que plasma la **Figura 42**.

**Figura 42: Matriz básica ilustrativa de dimensiones de medición del performance**



FUENTE: BICHOU, K. (2007)

Así, surgen los conceptos de eficiencia técnica y eficiencia económica y las dimensiones de calidad y nivel de servicio referencial que califican los correspondientes procesos de producción.

Por otra parte, se vienen consolidando visiones más amplias del concepto de puerto en la cadena logística (Bichou, 2004; De Langen et al., 2007; ESPO, 2011) que asimismo incorporan el uso de indicadores para la expresión del performance.

También el concepto de productividad admite enfoques diversos. Así, Ghobadian y Husband (1990) diferencian tres posibles perspectivas de productividad:

- la económica, desde la eficiencia de la asignación de los recursos,
- la tecnológica, desde los ratios output, input; y,
- la ingenieril, desde el análisis de output actual y potencial de los procesos.

Cabe señalar que a lo largo de la presente tesis se maneja el concepto de rendimiento portuario en el sentido de performance o desempeño para su posterior despliegue ordenado en un conjunto de conceptos sobre la materia.

## V. 1. Taxonomía del concepto de medición del rendimiento (performance) portuario

De acuerdo con el Diccionario de la RAE la taxonomía es la “ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación” siendo efectivamente ese el objeto del presente epígrafe. Su empleo en el campo de la biología incorpora el taxón reservado para cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica, desde la especie, que se toma como unidad, hasta el filo o tipo de organización.

Desde la perspectiva del *benchmarking*, Bichou (2013) subraya la gran abundancia de indicadores portuarios y esquemas de medición que adolecen de un enfoque integrado y que habitualmente se orientan hacia la componente marítima, imponiéndose la necesidad de impulsar un enfoque integrador. Plantea clasificar el ámbito del performance y *benchmarking* de los puertos en tres amplias categorías. En la **Tabla 15** se esquematizan las correspondientes técnicas y metodologías de análisis:

1. Métodos de índices;
2. Métodos de frontera; y,
3. Enfoque de procesos.

A los anteriores, al objeto del análisis del performance y de su optimización, se añaden los métodos analíticos y de simulación que no son propiamente métodos de *benchmarking* del rendimiento portuario y que se desarrollan en el capítulo VI referidos al concepto de capacidad.

Tabla 15: Categorías de *benchmarking* del rendimiento portuario

Técnica/metodología		Desventaja
Ratios financieros	Valor neto presente, Tasa de retorno, etc.	Poca correlación con el uso eficiente de los recursos, rentabilidad a corto plazo, diferencias entre sistemas contables y de costes, problemas con regulación de precios y acceso a fondos privados
Indicadores de producción	Tráfico en Teus, tiempo de servicio, tiempo de rotación, tiempo de estancia, etc.	Miden la actividad; no el desempeño
SFP (Transceptor)	SFP: Un Input/Un output	Facilitan productividades medias; no la productividad global. No tienen enfoque estadístico
PPF/MFP	PPF: Varios Inputs/Varios outputs	Facilitan productividades medias; no la productividad global. No tienen enfoque estadístico
TFP	TFP: índices de Törnquist & Fisher y de Malmquist	TFP: requieren estimación de costos, función de producción (de otro modo no pueden diferenciar los efectos de escala con la mejora de la eficiencia). No tienen enfoque estadístico
Deterministic versus stochastic	COLS: deterministic/parametric DEA/FDH: deterministic non-parametric	COLS: requiere forma funcional que domina la firma de frontera DEA: sensible a la elección de los pesos de inputs y outputs. No incorpora factores estocásticos: no medición de errores
Parametric versus non-parametric	SFA: stochastic/parametric	SFA: requiere forma funcional y de los términos de errores y su distribución de probabilidad
Enfoque botton up Conocimiento experto	EEA: Engineering Economic Analysis	EEA: intensivo en datos. Requiere conocimiento experto en el sistema
Enfoque botton up Conocimiento experto	BPR: Business process modelling ERP: Enterprise modelling	BRP/ERP: caro de construir y mantener
Benchmarking toolkits	Procesos de benchmarking: BSC, TQM	Enfoque de procesos, no incorpora la eficiencia operacional de los componentes y tendencias

FUENTE: BICHOU, K. (2013)

### V.1.1. Métodos de índices

La UNCTAD (1976) segmentó los indicadores de rendimiento portuario en dos grupos, financieros y operacionales (ver **Tabla 16**), con el objetivo de medir el empleo de los recursos del puerto. Los indicadores financieros se evalúan en términos monetarios –salvo el caso del indicador de “tonelaje manipulado”–; y, los operacionales en unidades de producción (toneladas, cuadrillas, etc.) y tiempo (hora, jornada o turno de trabajo, etc.), en varios casos en relación con el buque.

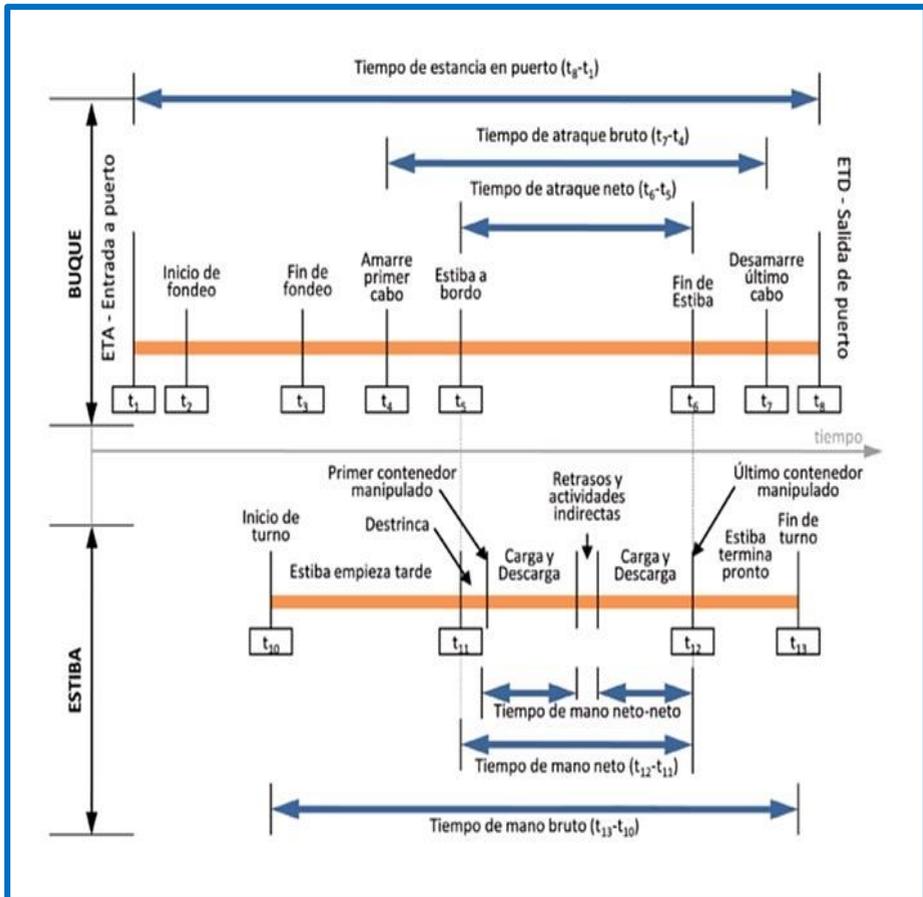
**Tabla 16: Indicadores operacionales y financieros**

Categoría	Indicador tipo	Unidades
Financieros	Tonelaje manipulado	t
	Ingresos obtenidos de la ocupación de atraque por tonelada de carga	Ud monetaria/t
	Ingresos obtenidos de la manipulación de la carga por tonelada de carga	Ud monetaria/t
	Costo de la mano de obra por tonelada de carga	Ud monetaria/t
	Costo de los bienes de capital por tonelada de carga	Ud monetaria/t
	Contribución total	Ud monetaria
Operacionales	Frecuencia de llegada	Buques/día
	Tiempo de espera	Horas/buque
	Tiempo de servicio	Horas/buque
	Tiempo de rotación	Horas/buque
	Tonelaje manipulado por buque	t/buque
	Fracción del tiempo de atraque en la que se trabaja	adimensional
	Número de cuadrillas empleadas por buque y turno	Cuadrillas
	Toneladas manipuladas por hora de permanencia del buque en el puerto	t/hora
	Toneladas manipuladas por hora de permanencia del buque en el puesto de atraque	t/hora
	Toneladas manipuladas por hora-cuadrilla	t/hora-cuadrilla
	Fracción de tiempo de inactividad de las cuadrillas	adimensional

FUENTE: UNCTAD (1976)

Es también la UNCTAD (1971, 1979) la que introduce la segmentación de las diversas referencias temporales que conforman la escala del buque en puerto: llegada a puerto, atraque, Inicio y final de operaciones, desatraque, salida del puerto, al objeto del análisis de la duración relativa de las distintas fases. Tal manejo temporal da pie a la introducción de diferentes tiempos operacionales que generan el empleo de unidades brutas y netas de tiempo en función de las actividades relacionadas con los equipos y con el personal de estiba. A través del tiempo se han sucedido las correspondientes precisiones que llevan a esquemas como el propuesto por Ashar (1997, **Figura 43**).

Figura 43: Mediciones de tiempos en puerto del buque



FUENTE: ASHAR (1997)

En Australia, el Bureau of Transport Economics (1984) analiza la productividad de la primera generación de TCs. El análisis se explicita en el apartado VI.4.4.

A mediados de los ochenta, Ashar (1985 y 1986) presenta un sencillo Modelo de Capacidad de Terminales de Contenedores que se servía de los datos del Terminal Management System implantado en el Puerto de Seattle.

En los últimos 20 años, consultores especializados en el sector marítimo portuario como Drewry (1998, 2002, 2010, 2014) y Ocean Shipping Consultans (1998, 2006) han venido elaborando diversos análisis sobre el ámbito del tráfico

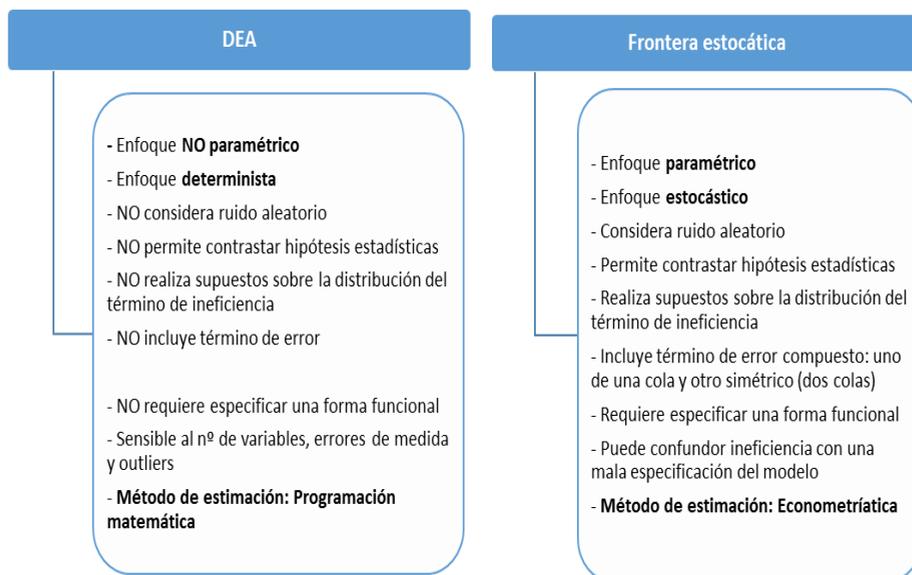
contenedorizado y las terminales de contenedores basados en indicadores de productividad de la infraestructura y la superestructura.

### V.1.2. Métodos de frontera

En esta categoría, la medición de la eficiencia requiere la estimación de una frontera que permite una evaluación relativa respecto a ella. Los métodos se clasifican en dos grandes grupos: la estimación econométrica de funciones y distancias, y el relativo a las técnicas de programación lineal. La referencia principal en el primer caso son las **fronteras estocásticas** y en el segundo el Análisis Envoltente de Datos o **Data Envelopment Analysis (DEA)**.

La caracterización básica de los referidos métodos de frontera se plasma en la **Tabla 17**. Ninguno de los Métodos de Frontera aporta resultados directos en el análisis de los factores en el cálculo de la capacidad por línea de atraque por cuanto como se ha indicado la frontera eficiente se define a priori.

**Tabla 17: Caracterización de los Métodos de Frontera**



FUENTE: GONZÁLEZ Y TRUJILLO (2006)

### V.1.3. Enfoque de procesos

La categoría del enfoque de procesos contempla técnicas de ingeniería y de *benchmarking* de procesos.

El enfoque de ingeniería emplea el diseño *bottom-up* en la modelización de los procesos que conforman el sistema objeto de análisis. Entre las técnicas empleadas se encuentran la reingeniería de procesos, la ingeniería económica que incorpora tal dimensión en el análisis completando la perspectiva técnica y los sistemas de planificación de recursos de la empresa.

La perspectiva del *benchmarking* de procesos se basa en la identificación y el aprendizaje en relación con las mejores prácticas. Se emplean instrumentos como la Calidad Total, el Seis Sigma o el Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral en el que es crítico un buen empleo de los indicadores (KPI) para la medición del avance en la consecución de las metas. El BSC/CMI aplicado a terminales de contenedores y el denominado CTQI (Container Terminal Quality Indicator) se desarrollan en el epígrafe V.3.2 y V.3.3, respectivamente.

## V.2. Esquema propuesto de Medición del rendimiento portuario

En el contexto presentado en los párrafos precedentes y en el ámbito de la presente tesis doctoral, cabe estructurar la medición del rendimiento portuario, de forma integrada, en cuatro perspectivas complementarias (Thomas, 1985, De Monie, 1988, De Monie & Thomas, 1998 y Monfort et al, 2011B):

- el **rendimiento operacional**, vinculado con la medición de la producción, productividad y utilización de los recursos de la terminal, tanto en términos técnicos como económicos;
- la **eficiencia**, que trata la relación entre los recursos empleados y el volumen de mercancías que moviliza la terminal, en términos de optimización;
- la **capacidad**, relacionada con la cantidad límite de mercancías (tráfico) que en un periodo de tiempo admite la terminal para un nivel de servivio determinado; y,
- el **nivel de servicio**, relacionado con la calidad del servicio ofrecida a los clientes y usuarios de la terminal.

### V.2.1. Rendimiento operacional: categorías de medición

#### V.2.1.1. Producción

La producción expresa el volumen de manipulación de la terminal en un periodo de tiempo, sin explicitar los recursos empleados. Cuando la producción se expresa en unidades monetarias se generan los indicadores financieros. En el sector portuario el indicador tipo de producción más popular es el de tráfico o “*throughput*” anual: toneladas/año, TEUs/año, etc.

### V.2.1.2. Productividad

La productividad está relacionada con el ritmo de trabajo de los diferentes recursos existentes en la terminal. Esto es, la productividad se puede definir como el volumen (producción) por unidad de tiempo y de recurso empleado en la terminal.

La productividad expresa el volumen de mercancías manipulado por unidad de recurso y por unidad de tiempo. Además de los recursos de infraestructura, superestructura y recursos humanos de la terminal, tanto el buque como los medios de transporte terrestre –camión o ferrocarril– son recursos externos de referencia para el cálculo del correspondiente indicador.

### V.2.1.3. Utilización

A través de la utilización se define la intensidad con la que se usan los recursos, es decir, el ratio, expresado en porcentaje, entre el uso de un determinado recurso y el máximo posible en un periodo de tiempo. El indicador de utilización más empleado es el relativo al recurso de la línea de atraque o muelle que recibe la denominación de tasa de ocupación.

La **Tabla 18** ilustra algunos ejemplos de indicadores tipo de producción, productividad y utilización.

**Tabla 18: Rendimiento operacional: indicadores tipo y unidades**

Categoría de medición	Indicador tipo	Unidades
<b>Producción</b>	Tráfico anual (throughput)	t/año, TEUs/año
<b>Productividad</b>	Productividad de línea de atraque	t/m atraque y año
	Productividad buque en puerto	t/h en puerto
	Productividad de grúa	t/h, movimientos/h
<b>Utilización</b>	Utilización de línea de atraque	% de ocupación

FUENTE: MONFORT, A. ET AL. (2000)

### V.2.2. Eficiencia

El uso del concepto académico de eficiencia portuaria (González y Trujillo, 2006) se intensifica desde mediados de la década de los noventa; la referida definición académica de eficiencia, tratando de alcanzar una mejor interpretación de la realidad, siempre compleja, considera en el análisis, múltiples inputs y outputs (Medal y Sala, 2011):

$$\textit{Eficiencia} = \textit{Suma ponderada de outputs} / \textit{Suma ponderada de inputs}$$

### V.2.3. Nivel de servicio

El concepto de Nivel de Servicio (NdS) (Monfort et al., 2011B) ha sido desarrollado para proporcionar una medida de la calidad percibida por los clientes y usuarios del sistema. Por otro lado facilita la introducción de un escenario de condiciones límite que conlleva el cálculo de la capacidad portuaria.

Por ejemplo, en el caso del subsistema de carga/descarga (línea de atraque), el nivel de servicio ofrecido a la naviera (medida de la satisfacción del cliente) es función de dos indicadores fundamentales:

1. por un lado, la productividad del buque atracado  $P$ , y, por otro,
2. la espera relativa ( $\epsilon$ ) que expresa el ratio entre el tiempo de espera o fondeo y el tiempo de servicio del buque

De manera análoga, en el subsistema de recepción/entrega, el nivel de servicio ofrecido a los clientes transportistas terrestres se mide a través del tiempo empleado en la correspondiente operación.

### V.2.4. Capacidad

La capacidad de una terminal portuaria, en un periodo de tiempo (generalmente un año), se define como el máximo tráfico al que se puede dar servicio en un escenario definido. En función de la caracterización del referido escenario se alcanzan distintos conceptos de capacidad. En el apartado VI.1 se ilustran dichos conceptos.

Conviene subrayar que la capacidad de una terminal evoluciona con el tiempo en la medida que cambian las condiciones del escenario.

En la **Tabla 19** y **Tabla 20** se resumen las categorías y definiciones del concepto de performance empleado en la presente tesis doctoral.

**Tabla 19: Esquema de las categorías de medición del rendimiento (performance)**

Categorías de medición del performance		
Rendimiento (performance)	Rendimiento operacional	Producción
		Productividad
		Tasa de utilización
	Eficiencia	
	Nivel de servicio	
	Capacidad	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla 20: Categorías de medición del rendimiento (performance): definiciones**

Categoría de medición	Definición
Rendimiento operacional	Agrupación conceptual de las mediciones de producción (tráfico), productividad y tasa de utilización
Eficiencia	Cociente de una suma ponderada de inputs por una suma ponderada de outputs. Es la generalización del concepto de productividad para varios recursos
Nivel de servicio	Expresa la calidad del servicio ofrecida a los clientes y usuarios de la terminal
Capacidad	Producción o productividad de la terminal para un nivel de servicio determinado

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### V.3. Instrumentos de gestión para la medición y mejora del rendimiento (performance) portuario

Las terminales portuarias, del mismo modo que cualquier actividad industrial o de servicios, emplean las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), conjunto de equipos y programas informáticos y redes para el tratamiento, registro, almacenamiento, transmisión y difusión de datos que sustentan el desarrollo de los TOS, o las herramientas para la toma de decisiones como la simulación o la optimización, en el ejercicio de planificación y explotación de la instalación.

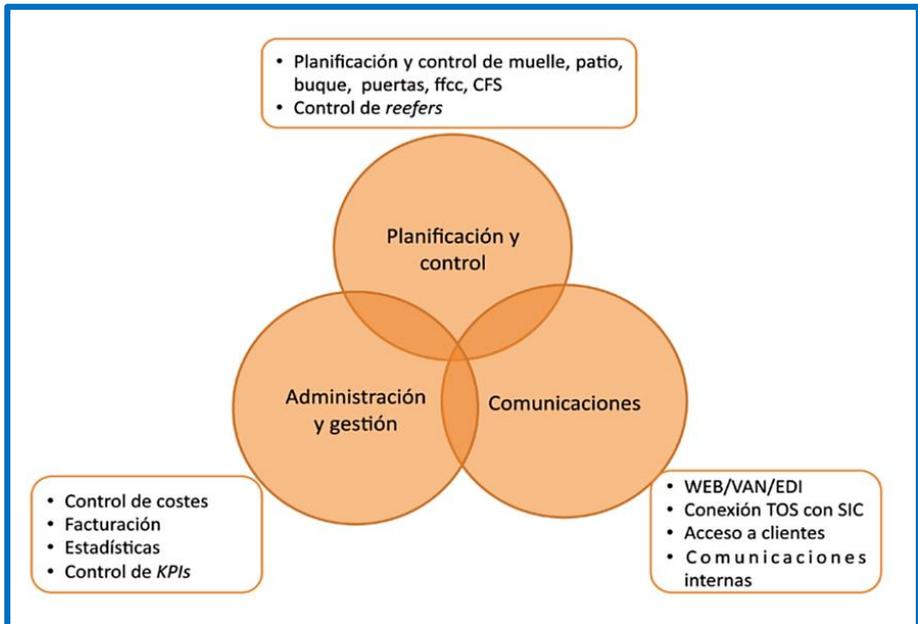
#### V.3.1. Sistema Operativo de la Terminal (TOS)

El TOS, o en castellano Sistema Operativo de la Terminal (SOT), es una herramienta de software que se emplea en la gestión de las terminales de contenedores, y que procesa, almacena, recupera, trata y utiliza la información, tanto externa como interna, para desarrollar las funciones que tiene implementadas.

El TOS ha evolucionado con el tiempo, como también lo han hecho muchos otros aspectos y elementos de las TCs. Pero dado que el TOS puede entenderse como el corazón de la TC, pues concentra la lógica de la estrategia, las tácticas y los procesos operativos de la terminal, su evolución ha ido pareja a la de los gestores de las terminales.

Con carácter general, un TOS tiene tres módulos básicos que trabajan sobre una o varias bases de datos (**Figura 44**): el de planificación y control de las operaciones, el de administración y gestión y el de comunicaciones.

Figura 44: Funciones de un TOS



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011A)

El **módulo de planificación y control de operaciones** puede abordar:

- La planificación de las operaciones del muelle, es decir, el cálculo de recursos tanto de personal como de medios de manipulación para la carga y descarga del buque.
- La planificación de las operaciones del patio para maximizar la capacidad de almacenamiento y optimizar el uso de los equipos.
- El plan de estiba: optimización de la operación de carga y descarga del buque considerando el plan de escalas (*vessel schedule*), el reparto de los pesos para la estabilidad o la segregación de las mercancías peligrosas.
- El plan de carga para el ferrocarril optimizando el uso de los recursos propios.
- La organización de las operaciones de recepción y entrega terrestre.

- El control de la gestión de las puertas terrestres: admisión de camiones externos; órdenes de posicionado; gestión de la documentación, etc.
- El control centralizado de los equipos de la terminal en tiempo real: seguimiento de cada equipo, de cada contenedor, envío de órdenes de trabajo y recepción de confirmaciones de las órdenes realizadas.
- La organización y consulta del patio considerando diferentes parámetros como tipo de mercancía (mercancía peligrosa, sobredimensionada, refrigerada, etc.), exportación/importación, vacíos, clientes, etc.
- El control de las mercancías refrigeradas.
- En el caso de que exista centro de consolidación y desconsolidación de carga (CFS), se ocupa de gestionar su actividad.
- La construcción y uso de algoritmos matemáticos para optimizar el empleo de recursos, la utilización de espacios, la reducción del número de remociones y la eliminación de cuellos de botella.

El **módulo de administración y gestión** es el responsable de analizar la productividad, de hacer la planificación y el control de costes, de la facturación, de la elaboración de estadísticas y del análisis de las mismas. Adicionalmente puede encargarse de la emisión de informes en tiempo real, agilizando la toma de decisiones; del cálculo y control de los KPIs (Key Performance Indicators o Indicadores Clave de Rendimiento); de la gestión de reservas y otras relaciones con los clientes.

El **módulo de comunicaciones** se encarga del intercambio de información de la terminal con otros agentes mediante internet (*IP Web Service*), la red VAN o servicios EDI; del soporte del servicio para gestión de reservas y *packing list*, verificación de planos, itinerarios de llegada, estado de contenedores y tracking; da soporte a los requerimientos de información y a la gestión de órdenes de servicio online en tiempo real; conecta al TOS con el SIC y permite a los clientes el acceso *online* a la información acerca de buques y contenedores.

### V.3.2. El Cuadro de Mando Integral (CMI) como instrumento de gestión estratégica

A la hora de abordar el ejercicio de gestión estratégica, como ocurre en el desarrollo del diagnóstico competitivo propio del proceso estratégico, no tiene sentido un recorrido táctico virtual, tácito o exclusivamente intuitivo. Se hace necesario su concreción y el uso de las herramientas de análisis adecuadas. En el presente epígrafe se presenta y propone en particular del **Cuadro de Mando Integral** (CMI o BSC con sus siglas en inglés) (Kaplan y Norton, 1997) como modelo o instrumento para el despliegue de la gestión estratégica.

Tradicionalmente, para la toma de decisiones, la gestión estratégica se ha apoyado en indicadores de tipo financiero. Sin embargo, en la actualidad existen en el mercado diferentes herramientas de gestión diseñadas para facilitar tal desempeño de la gestión estratégica que permiten integrar la gestión financiera, la gestión de clientes, la gestión de operaciones y la gestión de recursos, llevando simultáneamente un seguimiento y control de los resultados de la misma, permitiendo adelantarse a la necesidad de reformulación de la estrategia a partir de estos.

El Cuadro de Mando Integral es una completa herramienta de gestión estratégica que permite traducir la estrategia de la organización en acciones concretas impulsando su desempeño y posibilitando su seguimiento y control gracias a un sistema de medición del rendimiento de los objetivos estratégicos que facilita la toma de decisiones estratégicas. En el sentido apuntado es célebre la expresión de Harrington del año 1991, experto en temas de calidad: *“Si no lo puedes **medir**, no lo puedes **controlar**; si no lo puedes controlar, no lo puedes **gestionar**; Si no lo puedes gestionar, no lo puedes **mejorar**.”*

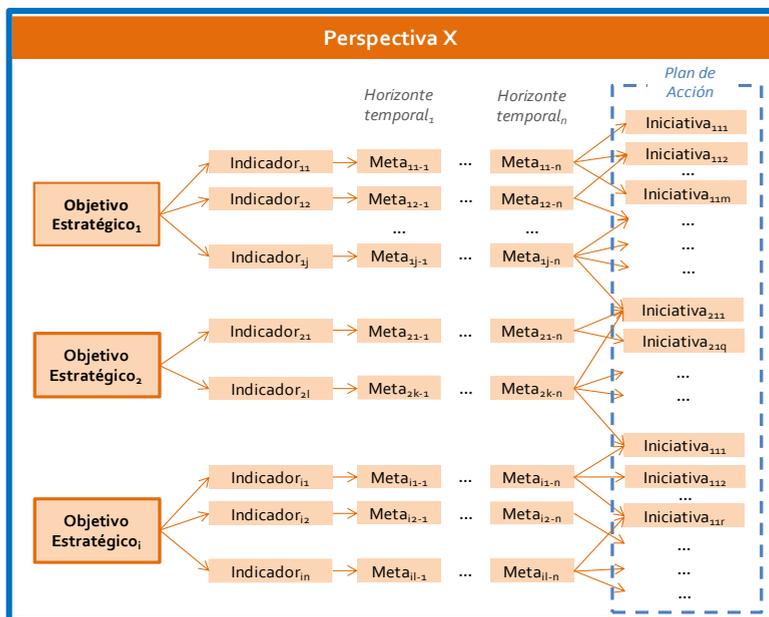
Este modelo de gestión fue presentado por primera vez en 1992 en el artículo *“The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance”* publicado en la revista Harvard Business Review por Robert Kaplan y David Norton, sus creadores, quienes habían detectado que los sistemas existentes hasta el momento, basados en el análisis financiero, eran insuficientes para controlar la realidad de una empresa en el nuevo marco productivo que imponía la era de la información.

El CMI extiende el conjunto de objetivos que controlan las empresas más allá de los financieros y operacionales empleados tradicionalmente, convirtiéndose en el sistema ideal para incorporar objetivos estratégicos pertenecientes a otras categorías como la social y la medioambiental y abarcar, de forma equilibrada, los tres pilares del Desarrollo Sostenible. Con este fin, el CMI contempla la actividad empresarial desde diferentes perspectivas, normalmente cuatro: la financiera, la del cliente, la interna o de procesos, y la de aprendizaje y crecimiento o de recursos, clasificadas en **perspectivas palanca y perspectivas resultados**.

Las perspectivas palanca son la de recursos y la de procesos. Mientras la primera alinea la estrategia con los activos de la empresa, sobre todo con los intangibles —el capital humano, organizativo y de la información—, la segunda reúne los procesos internos creadores de valor. Estas dos impulsan la obtención de resultados en las perspectivas del cliente y la financiera. La perspectiva del cliente recoge la proposición de valor diferenciada que la empresa oferta y la financiera contempla los objetivos de los accionistas de la empresa y equilibra los intereses a corto y largo plazo.

Además de proporcionar una visión global del negocio, el CMI exige que cada objetivo estratégico definido dentro de cualquiera de las perspectivas anteriormente señaladas vaya acompañado de uno o varios indicadores que permitan expresarlo en términos cuantitativos y fijar unos valores a alcanzar en diferentes horizontes temporales, también llamados metas, establecidos de acuerdo con los resultados del diagnóstico sobre el que se basa la estrategia de la empresa. Asimismo, para su consecución, cada objetivo estratégico debe tener asignada al menos una iniciativa estratégica, aunque esta puede contribuir simultáneamente a la consecución de más de un objetivo. El conjunto de iniciativas estratégicas correspondientes a todos los objetivos estratégicos constituye el plan de acción. Esta estructura queda reflejada en la **Figura 45**.

**Figura 45: Estructura del CMI: árbol de Objetivos Estratégicos, indicadores, metas e iniciativas**



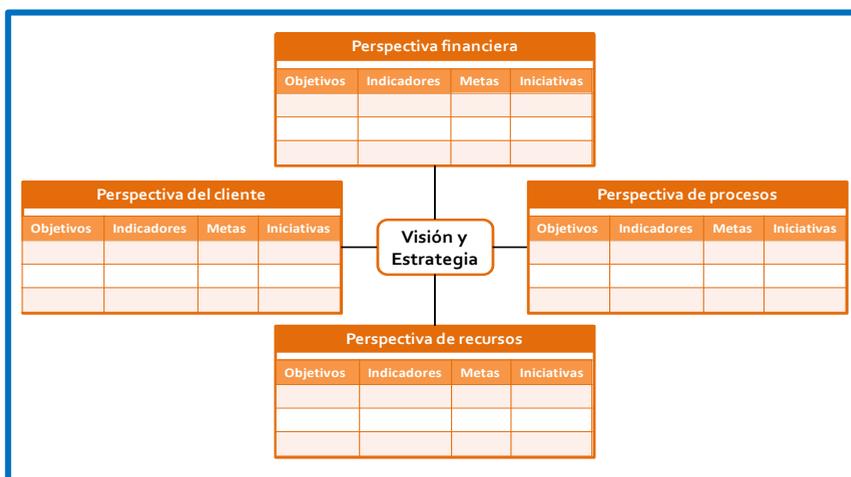
FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

La estructura del CMI permite realizar un seguimiento continuo de la evolución de cada indicador, y de este modo y comparándolo con su meta, conocer el impacto que las iniciativas están teniendo en la consecución del objetivo estratégico en cuestión, detectar deficiencias y corregirlas, focalizando los esfuerzos en aquellos objetivos incumplidos mediante la implementación de nuevas iniciativas alineadas con la estrategia y la redefinición de las existentes cuando sus efectos no son los esperados, por no resultar eficaces o ser menos eficientes que otras. Asimismo, esta estructura facilita la toma de decisiones referentes a la reformulación del resto de elementos estratégicos: de los objetivos estratégicos cuando se cambia de estrategia; de las metas cuando se observan desviaciones en las tendencias del diagnóstico en base al cual estaban fijadas; y de los indicadores cuando se detectan carencias para reflejar fielmente la intención de los objetivos.

El CMI recopila toda la información correspondiente a sus elementos (objetivos, indicadores, metas e iniciativas) en unas tablas conocidas como el Cuadro de

Mando Integral propiamente dicho o tablero del CMI. Más allá del modelo de gestión estratégica, este concepto también se refiere al conjunto de catálogos que recopilan y ordenan, en función de las perspectivas, los objetivos estratégicos, los indicadores con los que estos van a ser medidos, sus metas y las iniciativas a ejecutar en cada caso. Estas tablas (**Figura 46**) son un importante instrumento de síntesis y control que permite a la empresa o sector conocer y realizar un seguimiento de la evolución de la estrategia. Para garantizar el buen funcionamiento de la herramienta e involucrar a la organización, deben definirse responsables de la consecución de los elementos clave del CMI, es decir, de las líneas estratégicas, de los objetivos estratégicos, de los indicadores y de las iniciativas.

**Figura 46: El Cuadro de Mando**



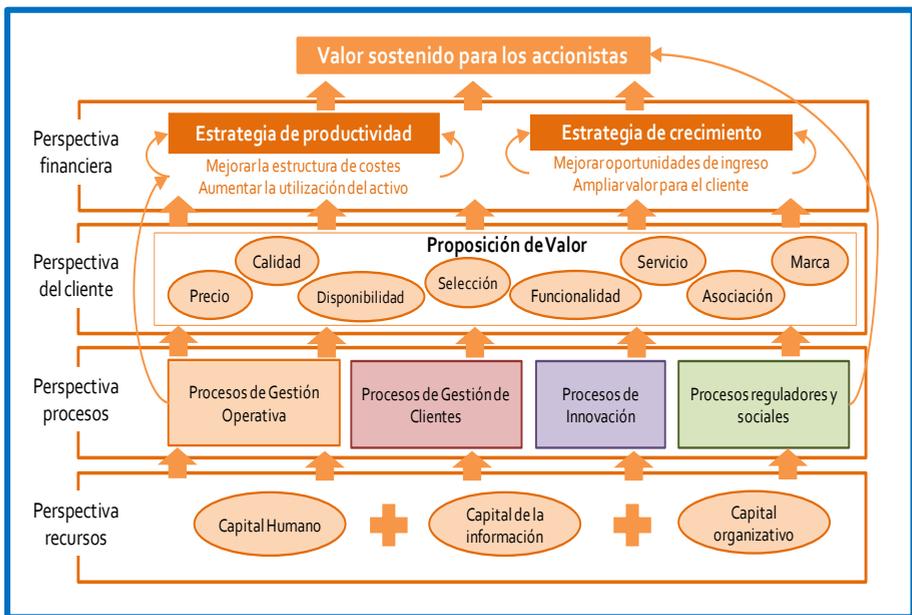
FUENTE: NIVEN (2003)

Pese a la segregación de los Objetivos Estratégicos en perspectivas, el CMI recalca la importancia de las **relaciones causa-efecto** entre ellos, ya que para dirigir una empresa de forma proactiva hay que actuar sobre las causas y no sobre las consecuencias. Por ello, las tablas del Cuadro de Mando Integral resultan insuficientes para comprender la estrategia y requieren de la visión general que proporciona otro de los instrumentos del CMI: los **Mapas Estratégicos**. Un Mapa Estratégico es una representación visual de la estrategia que sintetiza en una sola página cómo se integran y combinan los objetivos

estratégicos de las distintas perspectivas, permitiendo determinar las relaciones que vinculan los valores de los diferentes indicadores diseñados para controlar los objetivos estratégicos y facilitando la interpretación lógica de resultados.

Una correcta identificación de estas relaciones de dependencia es clave para determinar cómo se deben gestionar los procesos creadores de valor y los activos (objetivos de las perspectivas palanca de procesos y de recursos, respectivamente) para alcanzar las metas establecidas en las perspectivas financiera y del cliente que son las que fijan el rumbo hacia el que se dirige la empresa o sector: su visión. Esto hace que los Mapas Estratégicos hayan pasado a ser por sí mismos un potente instrumento de gestión. La **Figura 47** representa la naturaleza de un Mapa Estratégico.

**Figura 47: Mapa Estratégico genérico**



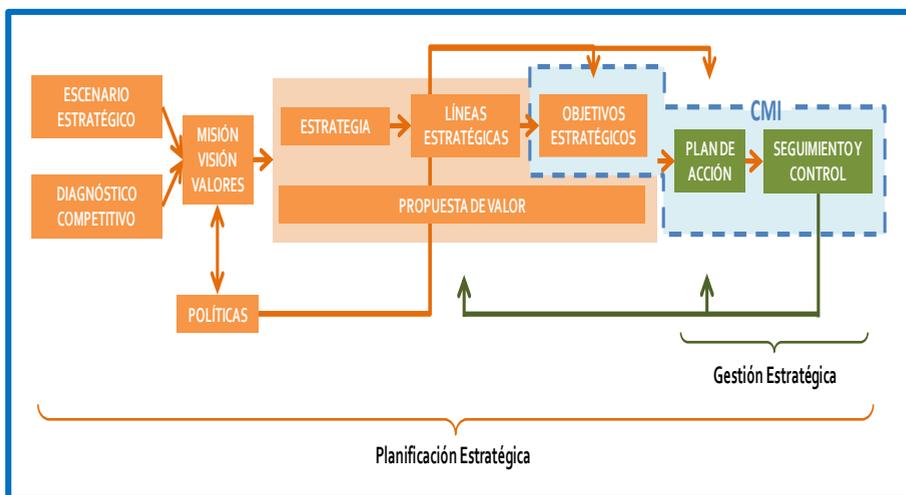
FUENTE: KAPLAN Y NORTON (2004)

Con el objetivo de dar soporte al tablero del Cuadro de Mando Integral y a los Mapas Estratégicos, diversas empresas de software y consultoras vienen desarrollando herramientas informáticas basadas en este modelo. El software

de CMI facilita a la empresa el control monitorizado y la comunicación tanto de la estrategia como del estado actual de los objetivos estratégicos, pero en ningún caso son útiles para la formulación de la estrategia a ninguno de sus niveles. Igualmente, el CMI es sólo una herramienta de gestión que no tiene sentido por sí misma; constituye el complemento perfecto para la planificación estratégica porque mediante sus Mapas Estratégicos y sus tablas ofrece aquello de lo que esta carece: recursos y procedimientos para gestionar, controlar y comunicar la estrategia.

El CMI ayuda a la planificación estratégica en la fase de su implementación pero también en su posterior evaluación y perfeccionamiento, a lo largo de todo el proceso de ejecución de la estrategia, identificando las desviaciones existentes entre lo que se está consiguiendo y lo que se pretendía conseguir y señalando dónde actuar para corregirlas. Es decir, el CMI proporciona la estructura y el lenguaje adecuados para que la mejora en la actividad sea efectiva. La **Figura 48** representa cómo se integran el proceso de planificación estratégica, gestión estratégica y el CMI.

**Figura 48: Integración de la Planificación Estratégica y el Cuadro de Mando Integral**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

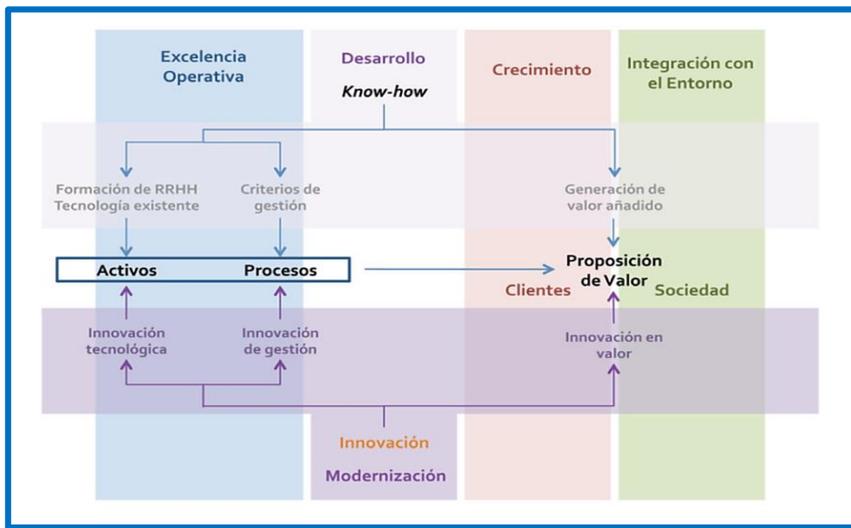
Los beneficios del Cuadro de Mando Integral tienen un interés mayor, si cabe, para las terminales portuarias de contenedores. La estrecha relación existente entre objetivos estratégicos e iniciativas posibilita que estas se integren en la actividad de la terminal desde su estrategia corporativa como empresa, pero que además se consideren en las decisiones que se toman a diario. Esta característica es especialmente importante para las TCs debido a la naturaleza operativa de gran parte de sus decisiones. El CMI permite alinear la planificación de sus operaciones con la estrategia de la terminal al traducir los objetivos estratégicos en objetivos de procesos y asignar recursos de una forma más equilibrada y coherente con la estrategia planteada, priorizando las operaciones y las iniciativas, gracias al seguimiento permanente de un conjunto de indicadores estratégicos, conectados y calculados a partir de su sistema de indicadores operativos clave, que proporciona la información necesaria para anticiparse a posibles problemas y actuar de una manera proactiva en la consecución de los objetivos de la terminal.

#### **V.3.2.1. CMI para una terminal de contenedores**

Debido a la gran cantidad de información de que disponen las terminales en cuanto al control de sus operaciones se refiere, comparada con la menor disponibilidad de información de naturaleza estratégica, y al amplio número de estudios sobre indicadores de rendimiento (*Performance Indicators*, PI) e indicadores clave de rendimiento (*Key Performance Indicators*, KPI) que se han llevado a cabo en terminales de todo el mundo, en su mayoría aplicados a casos concretos para resolver problemas puntuales, en el Proyecto MASPORT se propuso una metodología de implementación del Cuadro de Mando Integral alternativa a la convencional, tomando como punto de arranque el estudio de los indicadores de Gestión Operativa utilizados por las terminales para, a partir de ellos, razonar y deducir el resto de elementos del CMI. Así, en un primer momento, la metodología se centró en el estudio del conjunto de indicadores que las terminales manejan con la intención de traducirlos en Objetivos Estratégicos. Posteriormente se contrastaron los objetivos deducidos a partir de indicadores con la estrategia de la TC, y el conjunto de los mismos se completó con aquellos necesarios para contemplar la totalidad de la estrategia,

completando cuatro líneas estratégicas: Excelencia Operativa, Desarrollo y Modernización, Crecimiento e Integración con el Entorno (**Figura 49**), e incluyendo Objetivos Estratégicos de naturaleza no operacional ni económica.

**Figura 49: Propuesta de líneas estratégicas para una TC**

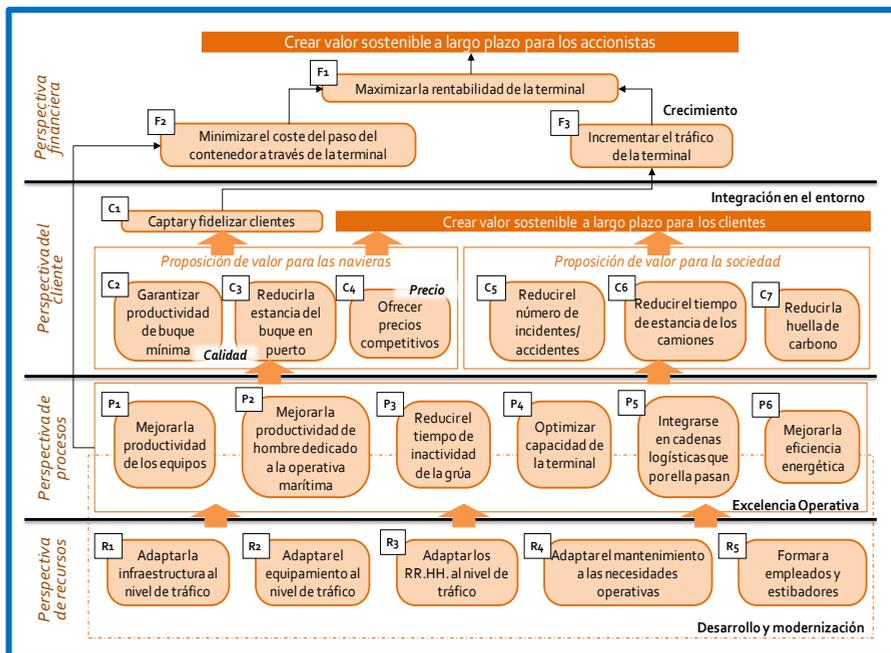


FUENTE: MONFORT ET AL. (2011A)

Una vez la propuesta de Objetivos Estratégicos puede considerarse definitiva, para cada objetivo se determinan los indicadores necesarios para que quede fielmente recogido su propósito, obteniendo un sistema de indicadores más reducido y manejable, pero a la vez más adecuado en cuestiones de Gestión Estratégica, que los que inicialmente sirvieron como punto de partida de la adaptación del CMI. La deducción del resto de elementos estratégicos se realiza en el orden convencional: en cascada según la **Figura 45**.

Uno de los resultados de la aplicación de la metodología anterior es la propuesta de Mapa Estratégico genérico para una TC pública o *common user*, que recoge la **Figura 50**. En él se ordenan y conectan los 21 Objetivos Estratégicos que describen la estrategia de una terminal de este tipo: 5 de la perspectiva de recursos, 6 de la de procesos, 7 de la del cliente y 3 de la financiera.

Figura 50: Propuesta de Mapa Estratégico para una TPC



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011A)

Cabe destacar que durante el proceso de Planificación Estratégica que lleva al diseño de un Cuadro de Mando Integral y su Mapa Estratégico asociado influyen una gran cantidad de factores (el tamaño/capacidad de la terminal, el tipo de tráfico al que atiende –origen/destino terrestre o transbordo–, el número de clientes que en ella operan, los equipos que se emplean en la manipulación de contenedores, etc.) y que por lo tanto, los resultados genéricos aquí expuestos deben ser objeto de una adaptación al caso específico de cada terminal con anterioridad a su utilización aplicada, pudiendo variar considerablemente para adecuarse a sus características y a su estrategia particular.

### V.3.3. El Container Terminal Quality Indicator (CTQI)

Al contrario que el CMI, el Container Terminal Quality Indicator (CTQI) Standard es una herramienta especialmente diseñada para terminales portuarias de

contenedores. La iniciativa nace de la necesidad de existencia de un consenso en lo que se mide (definición) y en cómo se mide (tiempos, medias, etc.) que conduzca a una mejora de la eficiencia en TCs; recuérdese la idea introducida por Harrington: “si no se puede medir,... no se puede mejorar”.

En febrero del año 2008, el Germanischer Lloyd (GL) junto con el Global Logistics Institute (GLI) presentaron oficialmente este nuevo e innovador modelo de medición del rendimiento en TCs (GL, 2008). Éste, a través de la correspondiente auditoría global de la instalación –vía certificación–, constituye el primer estándar de calidad terminales portuarias de contenedores y persigue la mejora de la eficiencia de estas instalaciones mediante el desarrollo de una cultura de colaboración y progreso entre todos los *stakeholders* o grupos de interés de la cadena logístico-portuaria. El proceso de conformación del modelo fue liderado por las referidas instituciones y en el mismo colaboró una cualificada representación de los operadores relacionados con el tráfico contenedorizado, en el que la Fundación Valenciaport tuvo ocasión de participar (Sapiña, 2007).

La filosofía básica del modelo ofrece a la terminal una herramienta para medir su rendimiento, aplicar buenas prácticas, y mejorar su eficiencia continuamente. Para ello, el CTQI Standard define una estructura que contempla la actividad desde cuatro bloques: (1) sistema de gestión, (2) factores internos, (3) factores externos y (4) evolución del rendimiento, e incluye hasta 80 indicadores o mediciones de rendimiento (en su última versión), convenientemente definidos, siete de ellos bajo la categoría de indicadores clave –KPI, “*Key performance Indicators*”–, que son objeto de comparación con los CTQI Standard, determinados a través del correspondiente ejercicio de *benchmarking*.

De esta forma el CTQI Standard establece un Sistema de Gestión de la Calidad auditable para TCs. Se trata de una Certificación de Calidad en eficiencia o productividad de terminales de contenedores que acredita su capacidad para, de forma estable, proveer servicios de alta calidad combinados con una actitud organizativa en busca de la mejora continua. La auditoría se basa, por un lado, en el análisis estadístico de los llamados KPIs, más los llamados “otros indicadores” aceptados para un adecuado *benchmarking* internacional y, por otro, en la verificación de los componentes del sistema de gestión de la terminal. Esta estructura permite la evaluación del CTQI Standard desde el enfoque de

análisis de riesgos pero teniendo en cuenta otros problemas relevantes que pueden afectar a la operación de una terminal. Para ello, el CTQI Standard consta esencialmente de tres módulos cuyo funcionamiento ilustra la **Figura 51**.

**Figura 51. Funcionamiento del CTQI Standard**



FUENTE: GL (2008)

- **Container Terminal Quality Indicators (CTQI)**, que procura indicadores derivados del análisis cuantitativo de la terminal a partir de los CTPMs, así como de otros aspectos relevantes. Estos indicadores se dividen en factores internos y externos. Los factores internos son aquellos cuyo control directo se encuentra en manos del operador de la terminal, como la superestructura, la gestión de la recepción y entrega, la comunicación, la formación, etc. Los factores externos no están bajo el control exclusivo del operador de la terminal, sino que dependen de los *stakeholders* de la cadena logística, aunque este, el operador, tiene poder de influencia en ellos mediante la negociación con las partes interesadas. Un ejemplo de factores externos serían los trámites administrativos.

CTQI ofrece una medida de calidad de la competencia de la plantilla, el equipamiento y los métodos. La puntuación global del CTQI (%) se determina a partir de Tablas Maestras del CTQI y varía en un rango comprendido entre 0 (operativa de baja calidad y alto riesgo de retraso) y 100 (operativa de alta calidad y bajo riesgo de retraso). La ponderación de la evaluación de los indicadores depende del reparto modal del

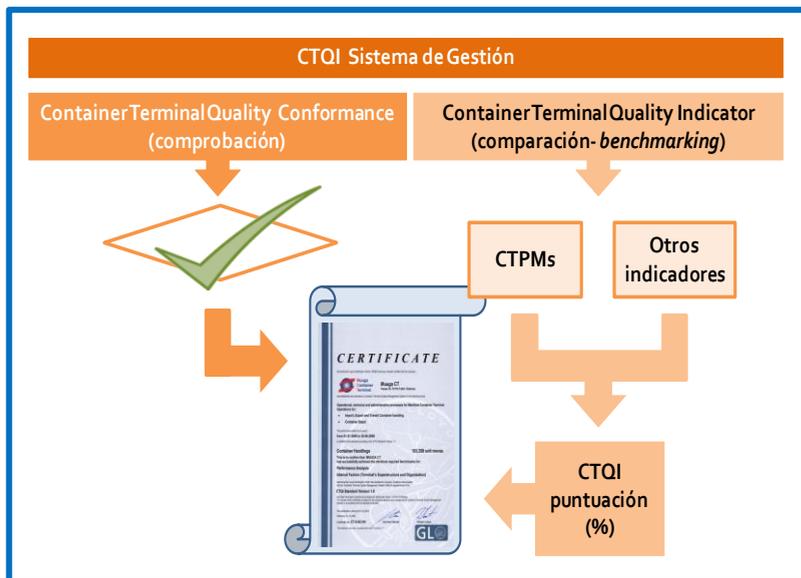
tráfico del *hinterland* de la terminal. El resultado obtenido por cada TPC no es público, pero todas aquellas terminales que acceden a la certificación tienen acceso a tablas comparativas anónimas, que permiten el *benchmarking* por cada magnitud o aspecto, lo cual es por sí solo de enorme utilidad para poder posicionarse según el tipo de terminal.

- **Container Terminal Performance Measures (CTPMs)**, utilizado para obtener KPIs de la operativa de una TPC. Estos KPIs se refieren a:
  - La producción global de la terminal, de partes de la terminal o de equipos especializados;
  - La productividad de los elementos productivos;
  - La utilización de recursos y equipamientos; y,
  - La calidad de servicio ofrecida a los clientes/usuarios de la terminal.
  
- **Evaluación: Container Terminal Quality Conformance (CTQC)**, que comprueba la conformidad de los elementos del sistema de gestión de obligatoria formulación de acuerdo con los requerimientos del CTQI Standard, por ejemplo, en materia de asignación de responsabilidades a nivel interno de la empresa. Los requerimientos del CTQC se diseñaron para satisfacer las necesidades de la industria del transporte e incluyen prácticas obligatorias y recomendaciones para una gestión de calidad de la terminal de contenedores. Para la obtención de la certificación, los requerimientos de esta parte del CTQI *Standard* necesitan haber sido incorporados como parte del sistema de gestión y quedar documentados en el manual interno.

Para la obtención de la certificación del CTQI Standard la terminal debe dirigirse a la institución Germanischer Lloyd Certificación (GLC); únicamente esta y sus subsidiarios o sus subcontratados pueden llevar a cabo el proceso de certificación del CTQI. El certificado se concede a organizaciones o partes de las mismas que hayan previamente demostrado durante la auditoría externa que han documentado, implementado y mantenido todos los requisitos del CTQI Standard con éxito siguiendo los siguientes pasos:

- Solicitud al GLC, incluyendo petición para la adaptación de las Tablas Maestras del CTQI para la terminal en cuestión si fuera necesario.
- Documentación de los requerimientos del CTQI Standard en base al Sistema de Gestión CTQI de la organización (manual interno).
- Implementación del Sistema de Gestión CTQI en la organización. Este paso incluye la recogida de datos durante el periodo de referencia (un año), el cálculo de CTPMs, la cumplimentación de las Tablas Maestras del CTQI y la implementación de los requerimientos del CTQI.
- Auditorías internas y revisión de la gestión llevada a cabo por la propia organización. Las auditorías internas pueden ser subcontratadas a consultores especializados.
- Aprobación de la auditorías mediante (**Figura 52**):
  - La demostración a los auditores de GLC de que la recopilación de datos del periodo de referencia y el cálculo de CTPMs se ha llevado a cabo de acuerdo con las normas del CTQI Standard, las tablas maestras del CTQI han sido correctamente completadas, la puntuación CTQI ha sido adecuadamente obtenida y de que no existen disconformidades mayores de acuerdo con los requerimientos a implementar según el CTQC.
  - La superación del *benchmarking* requerido para la puntuación del CTQI.
  - Expedición del Certificado GLC especificando la terminal certificada y el periodo de certificación.

**Figura 52. Proceso de Certificación en el CTQI de una TC**



FUENTE: GL (2008)

Este proceso de Certificación del GLC concluye dentro de los seis meses siguientes a la finalización del periodo de referencia, es decir, año y medio después del inicio del proceso. El siguiente periodo de referencia, para mantener la Certificación, comenzará inmediatamente después del anterior.

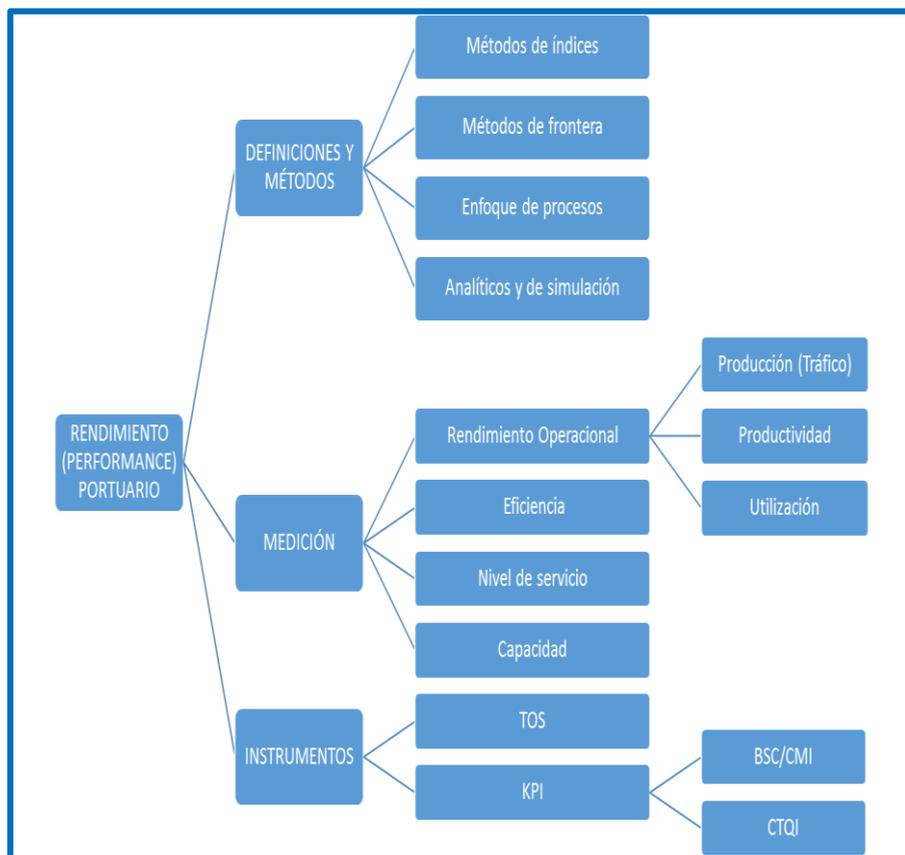
Con la Certificación se cubre el objetivo de la implantación de un modelo de medición del rendimiento en TCs que persigue y garantiza la mejora de la calidad del servicio prestado por estas instalaciones mediante el desarrollo de una cultura de colaboración entre todos los stakeholders o grupos de interés de la cadena logístico-portuaria, al a vez que facilita su comparación con otras terminales a nivel internacional.

Las terminales CTA –desde 2008- y Tollerort –en febrero de 2015- del Puerto de Hamburgo, operadas por HHLA, o las terminales Contecar y Manga del Puerto de Cartagena, operadas por la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena, son ejemplos de terminales certificadas por Germanischer Lloyd (GL) de acuerdo al CTQI estándar.

## V.4. Síntesis del capítulo quinto

En este capítulo se ha desarrollado la ordenación conceptual del tópico del rendimiento (performance) portuario, abordando las correspondientes definiciones y metodologías de análisis y métodos de medición e instrumentos. En la **Figura 53** se esquematiza el referido contenido tratado en el capítulo 5.

**Figura 53: Síntesis del capítulo quinto**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



## CAPÍTULO VI

# Capacidad de una TC: Capacidad por línea de ataque (estado del arte)

---

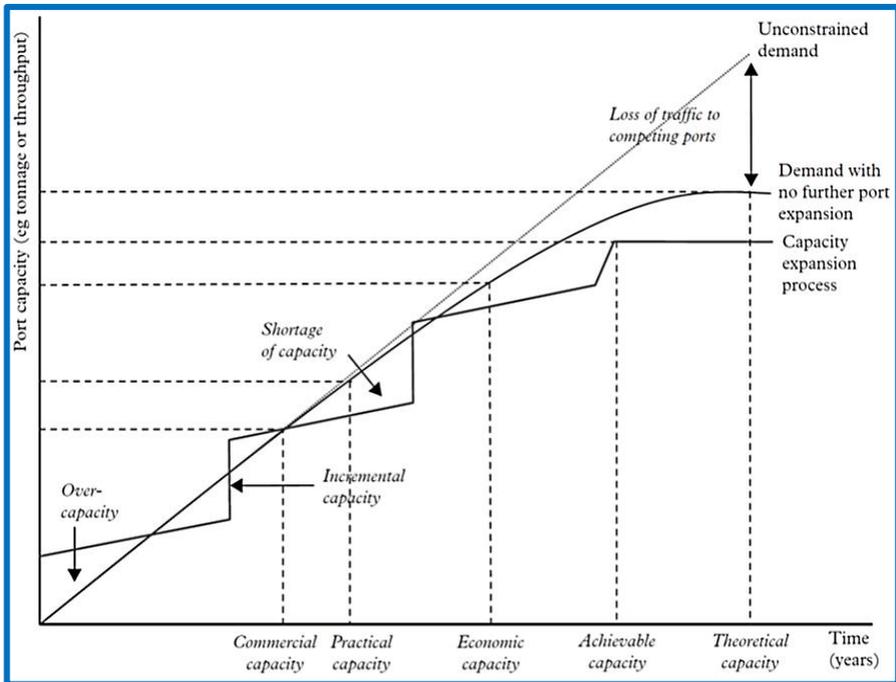
## VI.1. El concepto de capacidad

En el presente capítulo se abordan las distintas perspectivas que se manejan en el análisis de la capacidad de las terminales de contenedores. De manera análoga a lo que ocurre en el complejo ámbito del performance o rendimiento portuario, el caso del estudio de la capacidad también permite múltiples dimensiones: teórica, práctica, de diseño, económica, comercial, etc., conformando un conjunto muchas veces impreciso. Y es que, como habrá oportunidad de poner de manifiesto, la capacidad de una terminal no es un valor “absoluto” sino que va a depender de múltiples factores. Se trata de acotar el valor límite o máximo de producción (tráfico) que la instalación es capaz de generar en un escenario (nivel de servicio) y horizonte temporal definido. Pero dado que el propio escenario evoluciona, también varía con él la capacidad de la terminal. Es por ello que en ocasiones se hace referencia al ejercicio de gestión de la capacidad de la terminal.

Por ejemplo, Bichou (2013) ilustra un conjunto de conceptos de capacidad (**Figura 54**), diferenciando entre:

- “**Capacidad física**” como aquella a la que le corresponde el 100% de utilización de la instalación o de los equipos
- **Capacidad de diseño o teórica** como la que se alcanza maximizando la utilización de los equipos con el mantenimiento que corresponda.
- **Capacidad comercial u operacional** como el máximo volumen de tráfico que traslada a los clientes una calidad de servicio aceptable.

Figura 54: Distintos conceptos de capacidad



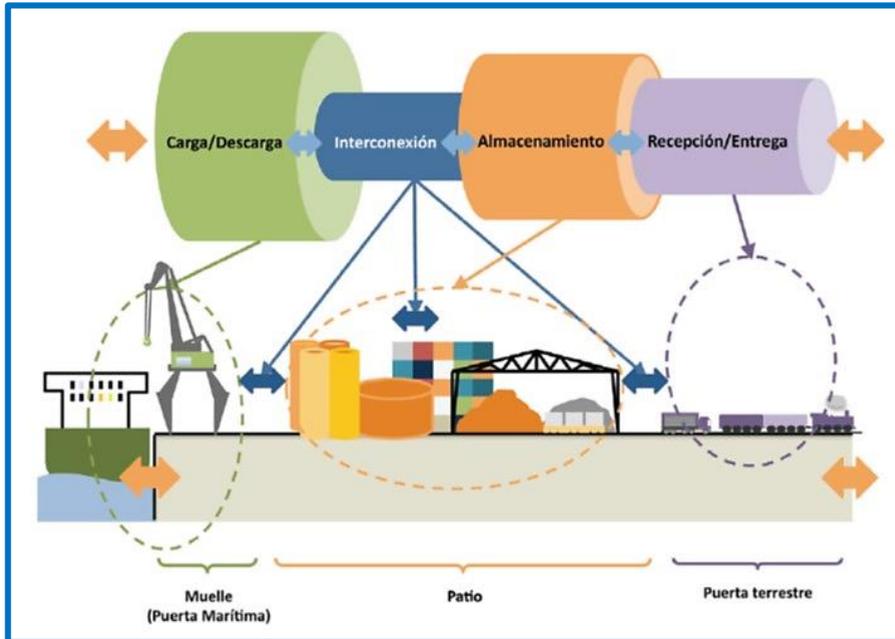
FUENTE: BICHOU, K. (2013)

El referido autor subraya el hecho de que la capacidad es una meta móvil y que depende de muchos factores que están fuera del control del operador. En términos de tasa de ocupación estima como nivel de servicio razonable el 65% apuntando, como tantos otros expertos, un dimensionamiento erróneo en la tasa de ocupación como se pone de manifiesto en la presente tesis.

Desde la perspectiva de la terminal conformada por un conjunto de subsistemas el consenso es generalizado: se define como capacidad de la terminal, en un periodo temporal y para un escenario (nivel de servicio), como la menor de las respectivas capacidades de los subsistemas que la integran: subsistema de carga y descarga de buques (línea de atraque), subsistema de interconexión, subsistema de almacenamiento y subsistema de recepción y entrega terrestre (**Figura 55**). Es evidente que se trata de una visión analítica simplificada puesto que los subsistemas interactúan de manera natural de modo que el

planteamiento va a requerir la generación de una serie de hipótesis de trabajo que permitan el aislamiento de cada subsistema para el cálculo de su capacidad.

**Figura 55: Capacidad de la terminal portuaria por subsistemas**



FUENTE: MONFORT, A. ET AL. (2011B)

## VI.2. Métodos de medición de la capacidad de una terminal

Los métodos para la estimación de la capacidad de una terminal portuaria han ido evolucionando, desde simples fórmulas basadas en productividades medias a modo de ratios (métodos empíricos), a otros más complejos (métodos analíticos), que en una fase inicial se apoyaron en la teoría de colas (Nicolau, 1967; Rodríguez, 1977), y que han desembocado en metodologías de simulación

en las que resulta determinante conocer cómo va a evolucionar en su conjunto la terminal ante demandas crecientes de tráfico y otros escenarios actuales y futuros objeto de análisis.

### VI.2.1. Métodos empíricos

En los **métodos empíricos** que son un subgrupo de los métodos de índices, la capacidad se obtiene aplicando a la terminal portuaria índices de productividad que resultan del *benchmarking* de instalaciones de tamaño y tipología similar a la estudiada que ofertan un nivel de servicio adecuado. Son métodos muy útiles a la hora de planificar nuevas terminales y desarrollar planes directores portuarios (Schreuder, 2005), puesto que en muchas ocasiones no hay datos disponibles para la aplicación de métodos más complejos.

### VI.2.2. Métodos analíticos y de simulación

Los **métodos analíticos** utilizan conceptos y formulaciones matemáticas para describir los procesos del subsistema en cuestión. Son muy utilizados en el caso de la planificación del subsistema de línea de atraque (Fratar, 1961, Enríquez, 1968, Rodríguez, 1977 y 1985; UNCTAD, 1984; Agerschou, 2004; Dragovic et al., 2006; entre otros).

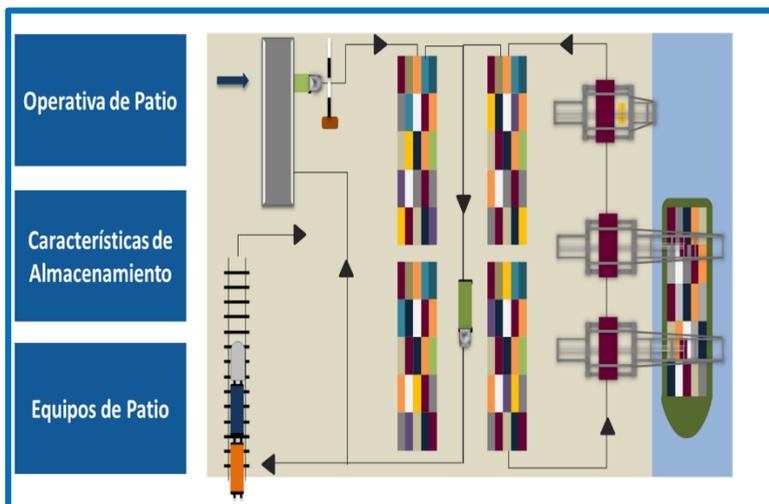
#### **Métodos de simulación**

Hay dos tipos de simulación, determinista (una foto) y estadística (o estocástica). En las TCs la segunda es la más usada, debido a la complejidad de éstas. Los métodos de simulación tienen el objetivo de reproducir el comportamiento de la terminal ante un conjunto de escenarios, mediante programas computacionales. En la simulación, el sistema terminal se divide en diversos subsistemas que pueden describirse matemáticamente, y que luego se combinan para obtener un modelo del sistema completo y así poder evaluar los diferentes escenarios planteados. Los métodos de simulación presentan ventajas sobre los modelos analíticos por considerar un alto nivel de detalle y

evitar, como se ha comentado, las excesivas simplificaciones de estos últimos. El inconveniente es la enorme cantidad de datos necesarios para su desarrollo y utilización.

El nivel de detalle en los componentes y el comportamiento del modelo (o modelos) de simulación, viene determinado por el uso que se pretenda dar al mismo. Normalmente hay que buscar una solución de compromiso que equilibre la complejidad del modelo –nivel de detalle– y su uso –objetivos–. En la explotación de una terminal portuaria de contenedores existen diferentes aspectos a nivel estratégico, táctico y operativo, con distintos horizontes temporales y necesidades de detalle en los modelos de simulación (Henesey, 2004 y 2006). Por lo tanto, se pueden definir tantos niveles de abstracción (**Figura 56**) como se quiera o se necesite (Sanz et al., 2010; Monfort et al., 2012, Yarza et al., 2014). Así, si se divide un modelo en varios niveles de complejidad creciente, el nivel 1 es el grupo de simulaciones de menor grado de complejidad y por tanto mayor grado de abstracción y, el último nivel se corresponde con la mayor complejidad y menor grado de abstracción. Finalmente, es importante mencionar que, cuanto más complejo y detallado sea un modelo de simulación, la necesidad de computación crece, lo que puede limitar su utilidad si no es capaz de dar una respuesta en un tiempo aceptable.

**Figura 56: Ejemplo de nivel de abstracción: Operativa a nivel de bloque**



FUENTE: MONFORT, A. ET AL. (2012)

### VI.2.2.1. Cálculo analítico-simulado por subsistemas: hipótesis

De acuerdo con la ROM 2.0-11, las dimensiones mínimas de la obra de atraque y amarre en planta y alzado deberán ser aquellas que permitan manipular los tráficos previsibles, en condiciones de seguridad, con los niveles de servicio y operatividad considerados. En tal contexto, define como **capacidad de la línea de atraque**, para unas condiciones locales y de operatividad determinadas, al máximo volumen anual de mercancías que la misma es capaz de manipular en dichas condiciones, en conjunto y por unidad de longitud. Se expresa en t, nº de contenedores, TEUs, unidades de transporte (camiones completos o UTI), vehículos o pasajeros (tanto totales como por metro lineal de atraque). Por otro lado añade, tal como se ha puesto de manifiesto anteriormente, que la capacidad real de la obra de atraque y amarre puede no quedar determinada únicamente por la capacidad de su línea de atraque sino por las capacidades de depósito en áreas próximas y/o para la de evacuación/recepción de la mercancías a través de sus accesos terrestres.

### VI.2.3. Fortalezas y debilidades de los métodos: aplicabilidad

Los métodos presentados conllevan metodologías complementarias con aplicaciones diversas y con sus ventajas y limitaciones. Camarero et al. (2011) aportan el análisis de tales extremos que se plasman en la **Tabla 21**.

**Tabla 21: Ventajas, limitaciones y aplicaciones de los métodos**

	Métodos empíricos	Métodos analíticos	Simulación
Ventajas	Sencillez de elaboración	Permiten una 1ª aproximación	Método más exacto
	Prácticos para hacer previsiones		Adecuado en análisis de subsistemas
Limitaciones	No trata fenómenos de espera	Aproximación insuficiente en fenómenos de espera	Exigen abundante información

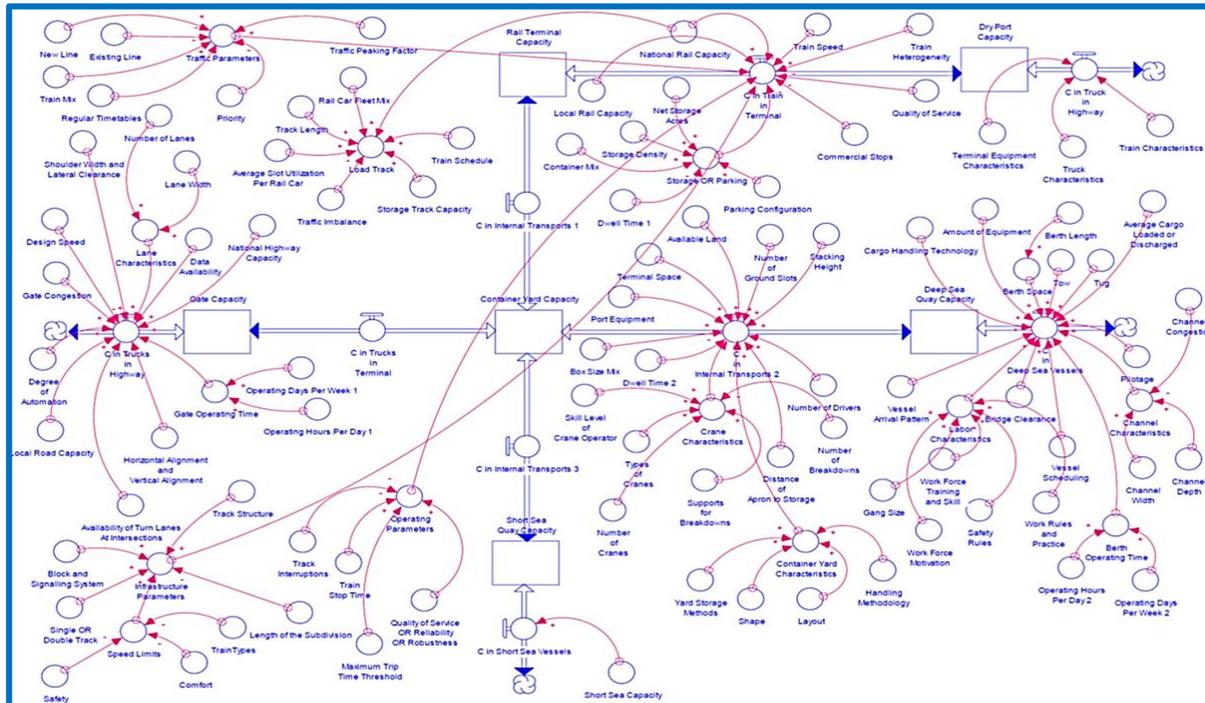
FUENTE: ADAPTADO DE CAMARERO ET AL. (2011)

### **VI.3. Identificación y clasificación de los factores que afectan a la capacidad de una terminal de contenedores: El caso de la línea de atraque**

Son múltiples los factores que inciden en la capacidad de la infraestructura portuaria. En el presente apartado se revisa su identificación y en particular su clasificación aplicada al caso de la capacidad por línea de atraque.

Islam y Olsen (2011) acometen el ejercicio de identificar los factores que afectan a la capacidad portuaria (**Figura 57**) esquematizada a través de los subsistemas de la terminal portuaria. Sin duda, el referido gráfico ilustra adecuadamente la complejidad de la determinación de la capacidad de una TC.

Figura 57: Factores que afectan a la capacidad portuaria



FUENTE: ISLAM Y OLSEN (2011)

Por su parte, Pawellek et al. (2011) analizan la capacidad por línea de atraque identificando cuatro grupos de factores: del entorno, de demanda, de infraestructura y de equipamientos de la terminal (**Figura 58**).

**Figura 58: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad de la línea de atraque**



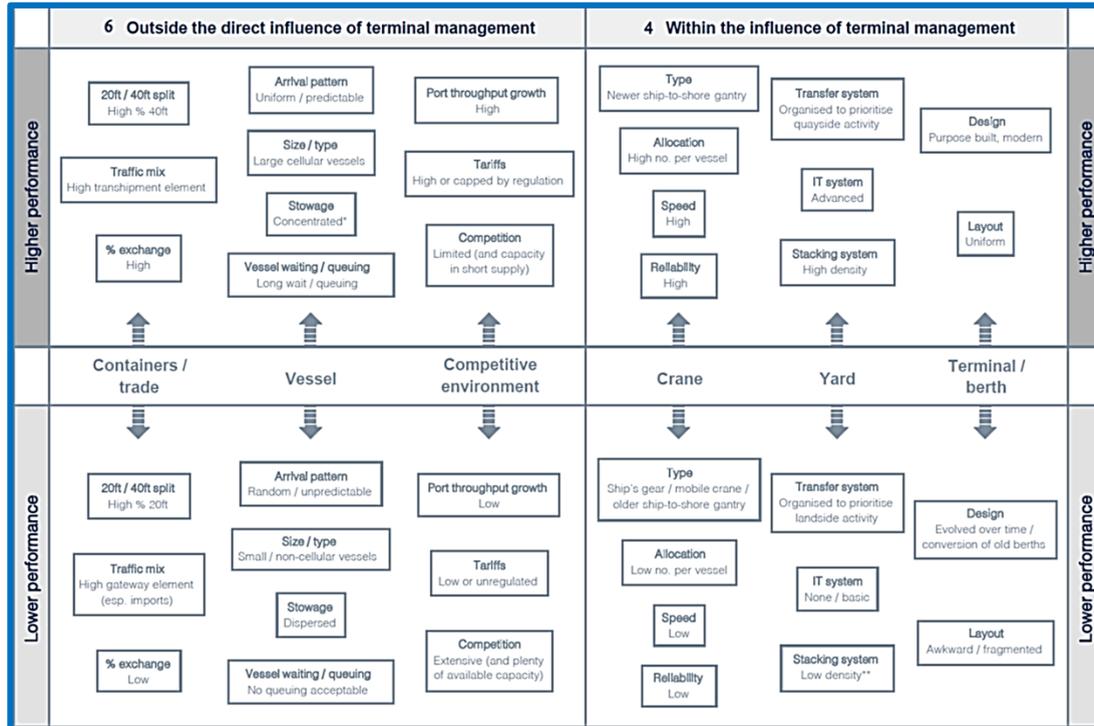
FUENTE: PAWELLEK ET AL. (2011)

Drewry (2002, 2010 y 2014) clasifica los factores que afectan el rendimiento (productividad en TEUs por metro y año, concepto equivalente al de capacidad) de la **línea de atraque** de una terminal de contenedores en dos grandes grupos (**Tabla 22**):

- Aquellos que quedan dentro de la influencia de la gestión de la terminal:
  - o Las **grúas de muelle**: número, características y fiabilidad
  - o Los **equipos de patio**: número, equipo de interconexión, desarrollo TIC y sistema de apilamiento
  - o **Línea de atraque**: longitud y *layout*; y,

- Los que quedan fuera de la influencia de la gestión de la terminal:
  - **Tráfico:** volumen (tamaño escala), Transbordo/Import-export, % 40'.
  - **Buque:** distribución de llegadas, tamaño, esperas.
  - **Entorno competitivo:** crecimiento, tarifas, competencia

Tabla 22: Factores que afectan el rendimiento de la línea de atraque en una TC



FUENTE: DREWRY (2002, 2010 Y 2014)

## VI.4. Capacidad por línea de atraque

La capacidad anual de la línea de atraque (subsistema de carga/descarga) de una terminal es igual al producto del número de puestos de atraque, por la tasa de ocupación de muelle, por las horas operativas anuales, y por la productividad horaria de los buques ponderada por el tiempo de atraque (**Figura 59**):

$$C_{LA} = n \times \phi \times t_{año} \times P$$

Donde,

**C<sub>LA</sub>**: capacidad anual por línea de atraque (toneladas, contenedores o TEUs, unidades por año).

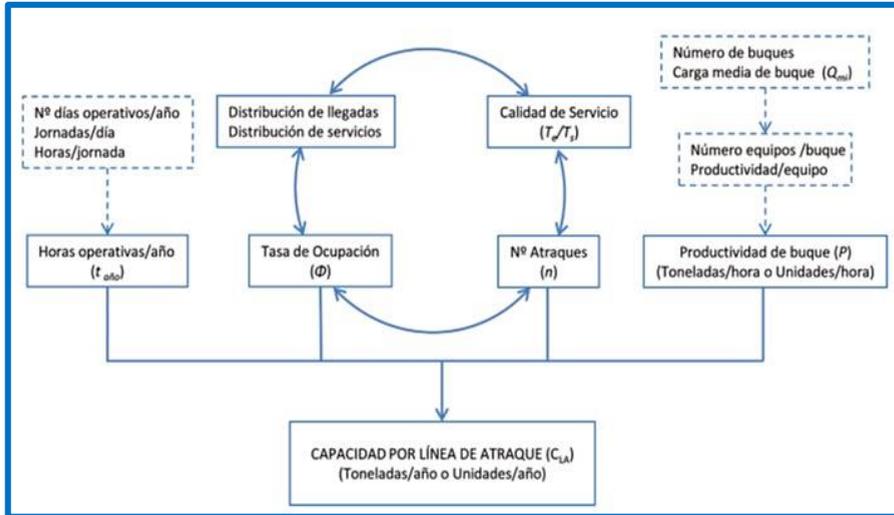
**n**: número de puestos de atraque.

**φ**: Tasa de ocupación admisible. Es función del número de puestos de atraque, de la calidad de servicio asociada a la espera relativa y de la caracterización de la distribución de llegadas de los buques y de los tiempos de servicio.

**t<sub>año</sub>**: Horas operativas de la terminal al año. Es función de los días que opera el puerto y de las condiciones laborales (turnos diarios, número de horas por turno, etc.) y meteorológicas.

**P**: Productividad horaria de los buques ponderada por el tiempo de atraque. Resulta del cociente entre el volumen anual de mercancías manipuladas y la suma de los tiempos brutos de atraque. Es función del número y prestaciones de los equipos empleados, la pericia de los manipuladores y la conexión con los otros subsistemas, entre otros factores.

**Figura 59: Cálculo de la capacidad por línea de atraque**



FUENTE: MONFORT, A. ET AL. (2011B)

En los epígrafes siguientes se desarrolla la caracterización de cada uno de los factores de la fórmula de la Capacidad por Línea de Atraque ( $C_{LA}$ ).

#### VI.4.1. Caracterización del número de atraques (N)

El número de puestos de atraque ( $n$ ) es función de la longitud de la línea de atraque, de la eslora del buque tipo que atracará en la terminal y de los resguardos de seguridad (o coeficiente de separación,  $K_{separación}$ ) entre buques.

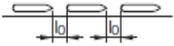
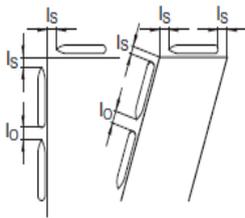
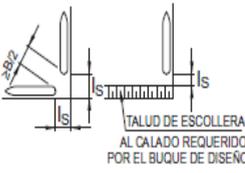
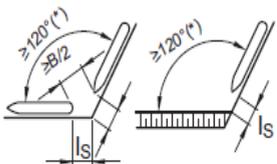
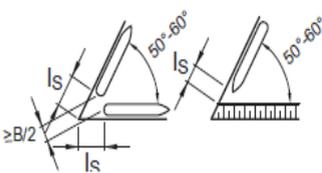
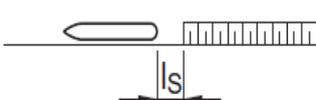
El número puestos de atraque ( $n$ ) no tiene por qué ser un número entero si bien en muchas ocasiones el cálculo que seguidamente se detalla se redondea al entero inferior con objeto de calcular una capacidad que quede del lado de la seguridad.

En la literatura especializada no existe un acuerdo sobre la definición del “buque tipo” a considerar en el diseño de la terminal. Así, mientras algunos autores (ROM 2.0-2011) hacen referencia al uso de buques extremales, por ejemplo el

buque cuya eslora sea excedida sólo por el 15% de las llegadas, otros autores proponen valores medios, ya sea la media de las esloras (Rodríguez, 1977), o la media ponderada de la distribución de esloras por los respectivos tiempos de servicio (distribución de tiempos de servicio). En el caso de no disponer de la información necesaria (distribuciones de esloras y distribuciones de tiempos de servicio), se puede estimar la eslora en función de la tipología de buques que está previsto que atraquen en la terminal, como por ejemplo buques portacontenedores panamax, post-panamax, etc. (ver **Figura 25**), o según su ubicación respecto a las rutas de transporte marítimo, el calado del puerto, etc.

Tal y como se ha mencionado, para el cálculo de  $n$ , la eslora del buque tipo debe incrementarse en un resguardo. También existen varios criterios para calcular ese valor; por ejemplo, el 10% de la eslora del buque tipo repartido entre la popa y la proa ( $K_{\text{separación}}=10\%$ ), o un valor fijo (por ejemplo 20 metros). La ROM 2.0-2011 hace una propuesta considerando varias configuraciones de muelle como plasma la **Tabla 23**.

**Tabla 23: ROM 2.0-2011: Valores de separación entre buques atracados**

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	Valores de las variables en función de la eslora total (L en m.) del barco mayor que afecta a la determinación de la dimensión analizada				
	Mayor de 300	300-201	200-151	150-100	Menor de 100 <sup>(1)</sup>
1. Distancia " $l_0$ " entre barcos atracados en la misma alineación (m.) 	30	25	20	15	10
2. Separación " $l_s$ " entre barco y cambios de alineación o de tipología estructural (m.) a) 	30	25	20	10	5
b) 	45/40	30	25	20	15
c) 	30/25	20	15	15	10
d) 	-/60	50	40	30	20
e) 	20	15	15	10	10

(1) Para buques con eslora total menor de 12 m. se tomará como valor de " $l_0$ " el 20% de " $L$ ", reajustándose los restantes valores proporcionalmente.  
 (B) Manga del barco mayor que afecte a la determinación de la dimensión analizada.  
 (\*) El ángulo se entenderá limitado a 160°. Para ángulos mayores se aplicará el (1).

FUENTE: COMISIÓN TÉCNICA DE LA ROM 2.0-2011 (2012)

## VI.4.2. Caracterización de la tasa de ocupación ( $\phi$ ) de la línea de atraque: calidad de servicio o espera relativa ( $\epsilon$ )

### VI.4.2.1. La línea de atraque como sistema de esperas

Tanto los métodos analíticos como la simulación abordan el estudio de la capacidad de la línea de atraque como el de un sistema de esperas, discreto (Teoría de colas) o alternativamente continuo en el caso de la simulación:

$$A/B/n/K/N/D$$

... donde:

- A: distribución de tiempos llegadas al sistema
- B: distribución de tiempo de servicio
- n: número de servidores o puestos de servicio (atraques) del sistema
- K: máximo número de unidades que caben en el sistema
- N: fuentes de generación de unidades que llegan
- D: disciplina de la cola

Si se asume que  $K=\infty$ ,  $N=\infty$  y  $D=\text{FIFO}$  (*first in, first out*), se obtiene la notación más habitual  $A/B/n$ .

Para designar a las distribuciones se utilizan las siguientes letras:

E o M: suceso Poisson, o Markoviano o distribución exponencial, todos ellos equivalentes

$E_k$ : distribución Erlang de orden k. Para  $k=1$  es la distribución exponencial

D: distribución determinística o constante (delta de Dirac)

$H_k$ : hipereponencial de parámetro k

G: una distribución cualquiera

La distribución de tiempos de llegada al sistema es una función de densidad de la variable "intervalo entre llegadas consecutivas". La distribución de tiempo de servicio será una función de densidad de la variable "duración del servicio",

entendiéndose por “duración del servicio” el tiempo (en horas o fracción) en el que el atraque está a disposición del buque en cuestión; incluido el de las maniobras de atraque y los tiempos muertos o similares, de manera que –y esto es lo importante- en el resto del tiempo el puesto está a disposición del sistema, para su oportuna cesión a otros buques.

### **VI.4.2.2. Caracterización y categorización del tráfico de buques: Distribución de las llegadas de buques a la terminal y distribución de los servicios**

La caracterización y categorización del tráfico de buques de un puerto o de una terminal ha venido siendo objeto de investigación desde la segunda mitad del siglo XX.

Para el análisis detallado de la capacidad de la línea de atraque utilizando métodos analíticos y de simulación, es necesario conocer la distribución de llegadas de buques y la distribución de tiempos de servicio de la terminal.

Como se ha indicado, los métodos analíticos y de simulación contemplan la línea de atraque de la terminal como un sistema de espera dotado de  $n$  puestos de servicio (en este caso serían  $n$  atraques):

- con una función de distribución de probabilidades de llegadas de buques ( $A$ ); y,
- otra función de distribución de probabilidades de tiempo de servicio ( $B$ ).

El sistema de espera queda definido por estas distribuciones (la de llegadas y la de tiempos de servicio) y el número de atraques:  $A/B/n$ . Las funciones de distribución pueden ser exponenciales ( $M$  –también llamadas de Poisson, marcovianas o aleatorias–), Erlang de orden  $K$  ( $E_K$ ), constantes ( $D$ ), hiperexponenciales ( $H$ ), u otra cualquiera ( $G$ ).

A falta de un mejor conocimiento de la caracterización del muelle o de la terminal en términos de distribuciones de llegadas y de tiempos de servicios, se recomienda utilizar en el caso de las terminales de contenedores los siguientes sistemas (UNCTAD, 1984; MOPT, 1992; Arnau, 2000; Thoresen, 2003; Agerschou, 2004; OPPE, 2006; Aguilar y Obrer-Marco, 2008, Monfort et al., 2011b y Comisión redactora de la ROM 2.0-2011, 2012):

- **Terminales públicas:**  $M/E_K/n$  (distribución de llegadas aleatorias / tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden  $K$  /  $n$  ataques). Recientes estudios empíricos demuestran que las terminales públicas de contenedores obedecen a una distribución de llegadas de buques aleatorias ( $M$ ) y los tiempos de servicio se ajustan más a una Erlang de orden 4 ( $E_4$ ) o superior (cuanto más regulares sean los tiempos de servicio de la terminal mayor deberá ser el valor de  $K$ ) –  $M/E_4/n$ .
- **Terminal con escalas muy programadas:**  $E_K/E_K/n$  (distribución de llegadas y de tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden  $K$  para  $n$  ataques), con menor aleatoriedad en la distribución de llegadas. En relación con las funciones de distribución de llegadas para terminales dedicadas, unos autores las identifican con llegadas aleatorias (Arnau (2000), Kuo et al., 2006; Aguilar y Obrer-Marco, 2008; López et al., 2011) y otros con llegadas más regulares como Erlang de orden 2 (Agerschou, 2004).

También la ROM 2.0-11 (2012) expone que a partir de análisis estadísticos llevados a cabo en instalaciones de atraque, con carácter general se ha observado que la llegada de buques a una terminal marítima es aleatoria si se considera un determinado periodo de tiempo, respondiendo razonablemente a una distribución de Poisson, por tanto, la función de distribución de los intervalos de tiempo entre dos llegadas consecutivas de buques durante dicho periodo puede aproximarse mediante una función exponencial para cualquier tipo de instalación de atraque e independientemente de las características de las

líneas marítimas que utilizan la instalación, incluso para escalas de buques muy programadas y particularmente cuando la instalación de atraque está formada por atraques múltiples y escalan en la misma varias líneas marítimas.

Por su parte, López et al (2012) apuntalan la afirmación de la ROM a través del análisis de las distribuciones de las terminales del Puerto de Valencia explotadas respectivamente por Noatum (Ex Marítima Valenciana) y MSC (**Tabla 24**). En el epígrafe **VIII.1.7** se amplía y actualiza el análisis de las referidas terminales.

**Tabla 24: Caracterización de las distribuciones de llegadas de los buques y de servicios en TCs del Puerto de Valencia**

Terminal	Distribución	2007	2008	2009	2010
Noatum	Intervalo entre llegadas	M	M	M	M
	Servicio (Erlang-k)	E5	E5	E4	E4
MSC	Intervalo entre llegadas	M	M	M	M
	Servicio (Erlang-k)	E5	E6	E6	E7

FUENTE: LÓPEZ ET AL. (2012)

#### **VI.4.2.3. Calidad de servicio: espera relativa ( $\epsilon$ )**

Según la ROM 2.0-11, en general, se consideran admisibles esperas relativas entre 0,1 y 0,5 en función de las características de la flota esperable en el atraque. Es decir, tiempos medios de espera entre un 10% del tiempo medio de servicio (para tráficos totalmente regulares) y el 50% (para tráficos totalmente *tramp*), siendo los valores intermedios para los tráficos mixtos en función del tipo de líneas marítimas que utilizan la instalación de atraque (**Tabla 25**).

**Tabla 25: Tasa de ocupación ( $\phi$ ) en función de la caracterización del sistema de esperas, número de atraques y la espera relativa ( $\epsilon$ )**

PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.10										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\Phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_\infty/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0,09	0,30	0,44	0,52	0,58	0,63	0,66	0,69	0,71	0,73
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0,07	0,28	0,40	0,49	0,55	0,60	0,63	0,66	0,68	0,71
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0,08	0,29	0,41	0,50	0,56	0,61	0,64	0,67	0,69	0,72
PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.25										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\Phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_\infty/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0,20	0,45	0,57	0,65	0,70	0,74	0,77	0,79	0,80	0,82
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0,17	0,43	0,54	0,62	0,67	0,71	0,75	0,77	0,78	0,81
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0,18	0,44	0,55	0,63	0,69	0,72	0,76	0,78	0,79	0,81
PARA ESPERA RELATIVA ( $\tau$ ) DE 0.50										
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPERAS	TASA DE OCUPACIÓN ( $\Phi$ )									
	NÚMERO DE ATRAQUES ( $N_a$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M/G_1/N_a$ y $M/G_\infty/N_a$ (Tráficos unitarios muy heterogéneos o totalmente homogéneos)	0,33	0,58	0,69	0,75	0,79	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88
$M/G_2/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente heterogéneos)	0,29	0,54	0,65	0,72	0,76	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86
$M/G_4/N_a$ (Tráficos unitarios relativamente homogéneos)	0,31	0,56	0,67	0,73	0,77	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87
<b>Leyenda</b>										
$M/G_1/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Exponencial.										
$M/G_2/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden 2.										
$M/G_4/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden 4.										
$M/G_\infty/N_a$ : Distribución de llegadas exponencial / Distribución de tiempos de servicio de componente constante, resultado de la combinación de una componente constante y de una distribución Erlang de orden $\infty$ .										

FUENTE: COMISIÓN TÉCNICA DE LA ROM 2.0-2011 (2012)

Por su parte, Thoresen (2010) plantea un proceso implícito de calidad de servicio recomendando las tasas de ocupación admisible en función del número de atraques y del grado de control de las llegadas de los buques a la terminal.

**Tabla 26: Tasa de ocupación ( $\phi$ ) recomendada en función del número de atraques ( $n$ ) y del grado de control de las llegadas a la terminal**

Número de atraques	Tasa de ocupación (%)		
	Control de la llegada del buque al puerto		
	Ninguno	Medio	Alto
1	25	35	45
2	40	45	50
3	45	50	55
4	55	60	65
5	60	65	70
6 o más	65	70	75

FUENTE: THORESEN (2010)

### VI.4.3. Caracterización del tiempo anual operativo (t)

El tiempo anual operativo es función del:

- Número de días operativos
- Número de turnos (“jornadas”) diarios de trabajo portuario
- Número de horas por jornada

El número de días anuales operativos descuenta, sobre la totalidad del año, aquellos festivos de conformidad con los convenios de trabajo y los inoperativos por condiciones climáticas, físicas, morfológicas y medioambientales del emplazamiento que se incorporan a través del concepto de nivel de operatividad.

#### **VI.4.3.1. El concepto de nivel de operatividad.**

De acuerdo con la ROM 2.0-11 no es posible diseñar correctamente una obra de atraque y amarre, y en consecuencia una terminal portuaria, sin tomar en consideración los buques, las condiciones, equipos y criterios con los que ésta va ser operada y los niveles de operatividad asociados a los mismos en las condiciones climáticas, físicas, morfológicas y medioambientales del emplazamiento, de modo que la Recomendación es aplicable en el ámbito de la explotación portuaria. En tal contexto, las dimensiones mínimas de la obra de atraque y amarre en planta y alzado deberán ser aquellas que permitan manipular los tráficos previsibles, en condiciones de seguridad, con los niveles de servicio y operatividad considerados.

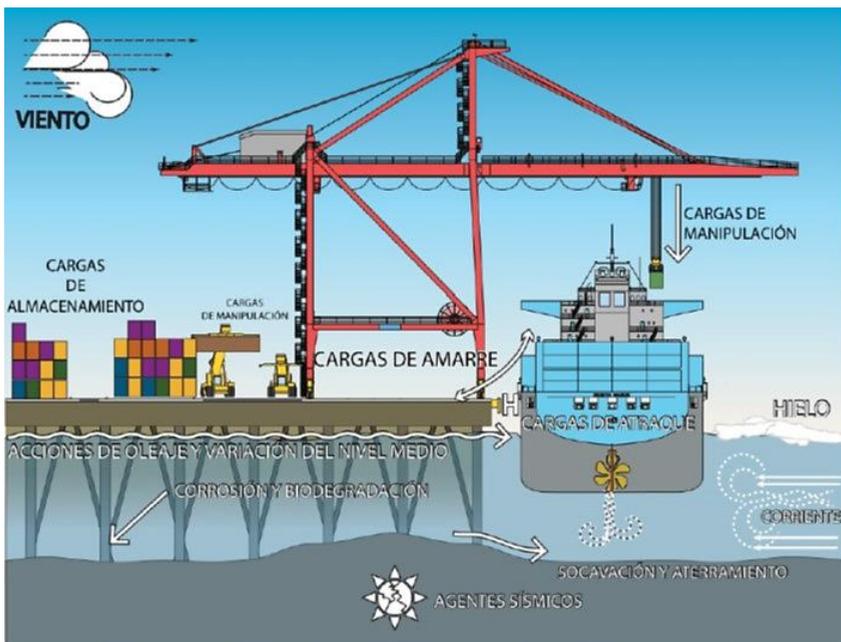
Así la ROM 2.0-11 define como **nivel de operatividad de la terminal** al porcentaje de tiempo anual útil en el que el buque puede desatracar y partir sin problemas y realizar las operaciones de carga y descarga al no superarse los valores umbrales de los agentes climáticos u océano-meteorológicos que suponen la imposibilidad de partida del buque y la paralización de la carga y descarga por razones de seguridad, bien de los equipos de manipulación, bien de la propia operación de carga y descarga por ser los movimientos de los buques amarrados incompatibles con los equipos o por otras causas (rebases de las aguas exteriores por encima del nivel de coronación, incompatibilidad de pendientes y acuerdos

entre planos inclinados en tacones y rampas, insuficiencia de altura de elevación de las grúas portuarias, etc.). Así pues, el concepto quedaría encajado en la categoría de tasa de utilización.

Climatología y meteorología son, respectivamente, las ciencias que estudian el clima y el estado del tiempo atmosférico. Es pues la segunda una ciencia auxiliar de la primera por cuanto los datos atmosféricos captados en las estaciones meteorológicas se emplean en la definición del clima, la predicción del tiempo, etc.

Los fenómenos meteorológicos como el viento, las corrientes, las mareas, el oleaje, etc. forman parte del conjunto de agentes (**Figura 60**) que perturban las condiciones operativas tanto en la línea de atraque como en el conjunto de la terminal condicionando el rendimiento de las operaciones.

**Figura 60: Esquema general de los agentes que interactúan con la línea de atraque y con el buque**



FUENTE: MOLINA, R. (2014)

Viento

El viento es generalmente el fenómeno meteorológico de mayor incidencia en el rendimiento de las operaciones. Se caracteriza a través de su velocidad y dirección. Con tal objeto se emplea la Escala Beaufort (**Tabla 27**) que mide la velocidad media en 10 minutos a 10 metros de altura.

**Tabla 27: Escala Beaufort**

Cifra	Nombre	Velocidad en			Efectos del viento en alta mar
		nudos	metros/seg.	>km/h	
0	calma	1	0 - 0,2	1	Mar como un espejo
1	ventolina	1 - 3	0,3 - 1,5	1 - 5	Rizos como escamas de pescado pero sin espuma.
2	flojito	4 - 6	1,6 - 3,3	6 - 11	Pequeñas olas, crestas de apariencia vitrea, sin romperse
3	flojo	7 - 10	3,4 - 5,4	12 - 19	Pequeñas olas, crestas rompientes, espuma de aspecto vitreo aislados vellones de espuma
4	bonancible-moderado	11 - 16	5,5 - 7,9	20 - 28	Pequeñas olas creciendo, cabrilleo numeroso y frecuente de las olas
5	fresquito	17 - 21	8,0 - 10,7	29 - 38	Olas medianas alargadas, cabrilleo (con salpicaduras)
6	fresco	22 - 27	10,8 - 13,8	39 - 49	Se forman olas grandes, crestas de espuma blanca (salpicaduras frecuentes)
7	frescachón	28 - 33	13,9 - 17,1	50 - 61	El mar crece; la espuma blanca que proviene de las olas es arrastrada por el viento
8	temporal	34 - 40	17,2 - 20,7	62 - 74	Olas de altura media y mas alargadas, del borde superior de sus crestas comienzan a destacarse torbellinos de salpicaduras
9	temporal fuerte	41 - 47	20,8 - 24,4	75 - 88	Grandes olas, espesas estelas de espuma a lo largo del viento, las crestas de las olas se rompen en rollos, las salpicaduras pueden reducir la visibilidad
10	temporal duro	48 - 55	24,5 - 28,4	89 - 102	Olas muy grandes con largas crestas en penachos, la espuma se aglomera en grandes bancos y es llevada por el viento en espesas estelas blancas en conjunto la superficie esta blanca, la visibilidad esta reducida
11	temporal muy duro	56 - 63	28,5 - 32,6	103 - 117	Olas de altura excepcional, (pueden perderse de vista tras ellas barcos de tonelaje pequeño y medio), mar cubierta de espuma, la visibilidad esta reducida
12	temporal huracanado	más de 64	más de 32,7	más de 118	Aire lleno de espuma, salpicaduras, mar cubierto de espuma visibilidad muy reducida

FUENTE: AEMET (WWW.AEMET.ES)

De acuerdo con la norma europea para el diseño de grúas (European standard EN13001 Cranes – general design) la ráfaga de viento es la media de 3 segundos de modo que hay que corregir los valores con los coeficientes de la **Tabla 28**. Por ejemplo, la ráfaga máxima de viento en la Escala Beaufort 6 es de  $13,8 \times 1,5 = 20,7$  m/s equivalente a 73,5 Km/h.

**Tabla 28: Relación entre la ráfaga máxima de viento y la media para diversos periodos**

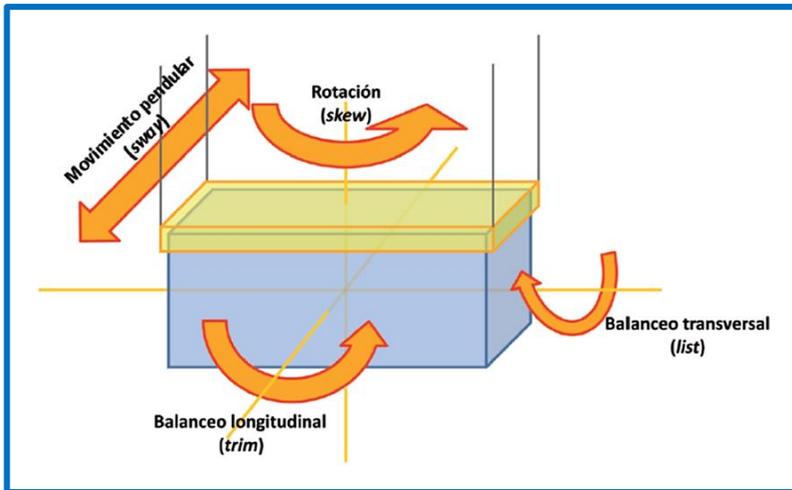
Factor de ráfaga								
Periodo (s)	1	3	5	10	30	60	120	600
						(1 min)	(2 min)	(10 min)
V(t)/Vmedia	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

FUENTE: VAN DE BOS (2005)

En general, los estándares de las autoridades y terminalistas portuarios acotan la operatibilidad hasta el nivel 6-8 de la Escala Beaufort. Por ejemplo en el Puerto de Rotterdam se suspenden las operaciones a partir de un viento medio de 17 m/s (equivalente a ráfagas de viento de 25 m/s) en el límite de la Escala Beaufort 7.

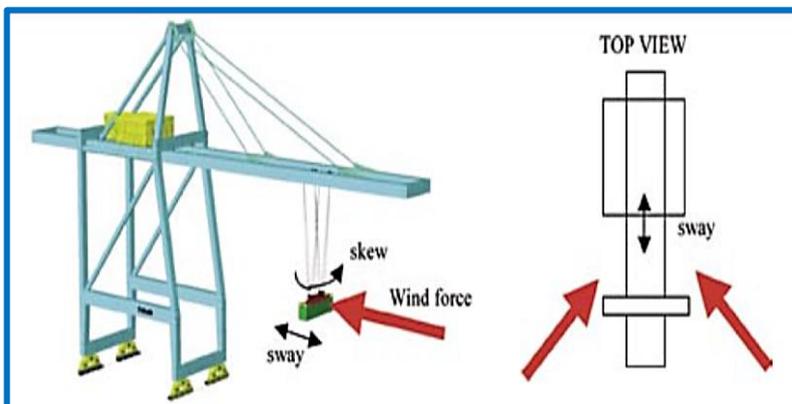
El movimiento del buque atracado por efecto del viento es función de su dirección, de la obra viva del buque expuesta y del sistema de amarras y bolardos. Produce sobre el contenedor (**Figura 61** y **Figura 62**), movimientos principalmente de balanceo (*sway*) y de rotación (*skew*). Tales movimientos se reducen del orden del 40% (Van den Boss, 2005) cuando se emplea el sistema "(semi) rope trolley" con una configuración de los cables en "V" de mayor rigidez, en la dirección del movimiento de balanceo, que la del sistema "machine trolley" de cables verticales interiores.

Figura 61: Detalle de los movimientos del spreader



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

Figura 62: Efecto del viento sobre el contenedor en operación de carga/descarga del buque



FUENTE: VAN DE BOS (2005)

#### VI.4.4. Caracterización de la productividad de buque atracado (P)

##### VI.4.4.1. El concepto de productividad de buque atracado

Si bien resulta suficientemente preciso el concepto de productividad de buque atracado como el cociente entre el volumen de mercancías manipulado y el tiempo bruto o total de atraque para una escala, no lo es tanto cuando el cálculo se refiere a un conjunto de buques por cuanto cabe diferenciar entre:

- la productividad media,
- la productividad media ponderada por el volumen de mercancías manipulado en cada escala en el conjunto, indicador empleado en el CTQI; y,
- la productividad media ponderada por el tiempo de cada escala en el conjunto que equivale al cociente entre la suma de las mercancías manipuladas y la suma de los tiempos brutos de atraque. Esta, en el caso de un cálculo anual, es la productividad anual media de buque atracado (P) definida como el cociente entre el volumen anual de mercancías manipuladas y la suma de los tiempos brutos de atraque, empleada en la fórmula de la capacidad por línea de atraque (epígrafe VI.4).

En la **Tabla 29** se ilustra con un ejemplo los resultados para un conjunto de 4 buques, de la productividad media y la ponderada por el tiempo de atraque y por el número de movimientos. Sin duda que para la determinación de la capacidad debe emplearse la ponderada por los tiempos de atraque.

**Tabla 29: Ejemplo de cálculo de la productividad media de atraque y las ponderadas por tiempo (P) y por movimientos de un conjunto de buques**

	Movimientos	Tiempo atraque	Productividad atraque	Productividad atraque		
				Media	Ponderado por tiempo (P)	Ponderado por movimientos
Buque 1	1.067	28,3	37,7		9,5	5,8
Buque 2	1.261	26,5	47,6		11,3	8,7
Buque 3	1.503	22,0	68,3		13,4	14,8
Buque 4	3.104	35,1	88,4		27,7	39,6
<b>Total</b>	<b>6.935</b>	<b>111,9</b>	<b>62,0</b>	<b>60,5</b>	<b>62,0</b>	<b>68,8</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En general, los valores que se manejan en las publicaciones y ponencias en la materia son valores medios sin ponderar y muchas veces de una parte de las escalas, excluyendo aquellas de menor productividad lo que inhabilita el dato como valor para el cálculo de la capacidad de la TC.

#### VI.4.4.2. Productividad de buque atracado: evolución

Desde la perspectiva de la evolución histórica de la productividad media del buque atracado, resultan de interés sendos estudios publicados en 1984 y 1985 por el Bureau of Transports Economics de Australia en relación con terminales de primera generación de finales de los 70 en Port Jackson (Australia). En ambos casos (Tabla 30) la productividad de buque atracado se situaba en 7,8 cont/h equivalentes a 9,4 TEUS/h. Unos años después, en 1983 el registro había ascendido a 14,9 y 16,2, respectivamente, en la terminal de Port Botany (Australia). Cabe subrayar que en los tres casos referenciados se disponía de una grúa por puesto de atraque.

**Tabla 30: Características de las TCs GIT y STL en Port Jackson. Datos media años 1977, 1979 y 1981**

Características	GIT	STL
Línea de atraque (m)	468	680
Número de atraques	2	3
Superficie (ha)	9,7	11
Calado (m)	12,2	11
Grúas de muelle	2	3
Equipo patio	5 RTG	3 RMG
Cont	80122	102.144
TEUs	96.146	122.573
Tamaño escala (Cont/h)	413	768
TEUS/ml	205	180
TEUs/ha	9.912	11.245
P (Cont/h)	7,8	7,8
P (TEUs/h)	9,4	9,4

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: BUREAU OF TRANSPORTS ECONOMICS (BTE) (1984)

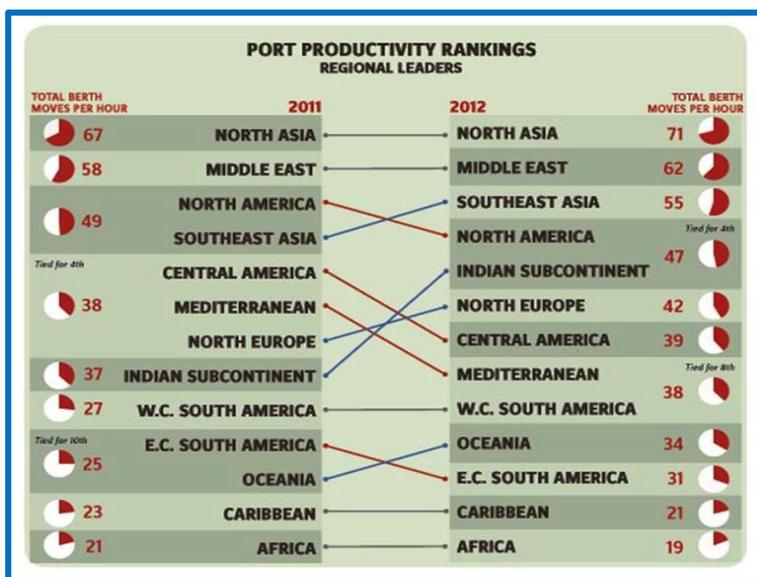
**Tabla 31: Características de la CTAL en Port Botany. Datos año 1983**

Características	CTAL
Línea de atraque (m)	936
Número de atraques	3
Superficie (ha)	38,6
Calado (m)	15,3
Grúas de muelle	3
Equipo patio	18 SC
Cont	83.334
TEUs	90.834
Tamaño escala (Cont/h)	725
TEUS/ml	97
TEUs/ha	2.353
P (Cont/h)	14,9
P (TEUs/h)	16,2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: BUREAU OF TRANSPORTS ECONOMICS (BTE) (1985)

La productividad de buque atracado ha pasado a primer plano en los dos últimos años tras la publicación en julio de 2013 por parte de Journal of Commerce de los datos (JOC, 2013) recopilados a través de los propios navieros (Tabla 32).

**Tabla 32: Ranking regional de productividad de buque atracado por áreas geográficas**



FUENTE: JOC (2013)

A nivel de terminal, a escala mundial, destaca por su productividad de atraque la instalación de APMT en Yokohama (Japón). En la **Tabla 33** se plasma el Top 10 para el año 2014 de las TCs atendiendo a su productividad media de atraque. La hegemonía del Lejano Oriente es absoluta.

**Tabla 33: Ranking mundial de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014**

TERMINAL	PUERTO	PAIS	PRODUCTIVIDAD ATRAQUE (mov/h)
APM Terminals Yokohama	Yokohama	Japón	186
Tianjin Port Pacific International Container Terminal	Tianjin	China	142
Qingdao Qianwan Container Terminal	Qingdao	China	136
Tianjin Port Alliance International Container Terminal	Tianjin	China	136
DP World-Jebel Ali Terminal Jebel Ali UAE	Jebel Ali	EAU	131
Ningbo Beilun Second Container Terminal	Ningbo	China	129
Tianjin Five Continents International Container Terminal	Tianjin	China	124
Xiamen Songyu Container Terminal	Xiamen	China	124
Tianjin Port Euroasia International Container Terminal	Tianjin	China	121
Yantian International Container Terminals	Yantian	China	119

FUENTE: WWW.JOC.COM

En el área geográfica de Europa y Oriente Medio lidera DP World Jebel Ali Terminal en Emiratos Árabes Unidos. Los puertos de Rotterdam y Bremen sitúan las cinco terminales europeas del Top 10 de la referida área geográfica (**Tabla 34**).

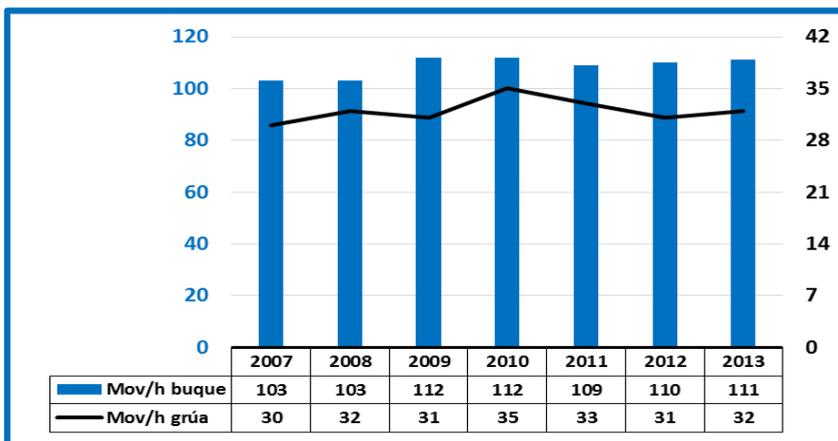
**Tabla 34: Europa y Oriente Medio: Ranking de productividad media de atraque (mov/h) de TCs. Año 2014**

TERMINAL	PUERTO	PAIS	PRODUCTIVIDAD ATRAQUE (mov/h)
DP World-Jebel Ali Terminal	Jebel Ali	EAU	131
APM Terminals Rotterdam	Rotterdam	Holanda	101
MSC Gate Container Terminal	Bremen	Alemania	101
Khorfakkan Container Terminal	Khor al Fakkan	EAU	100
Red Sea Gateway Terminal	Jeddah	Arabia Saudita	97
Khalifa Port Container Terminal	Mina Khalifa/Abu Dhabi	EAU	97
Salalah Container Terminal	Salalah	Oman	96
NTB North Sea Terminal Bremen	Bremen	Alemania	96
Euromax Terminal Rotterdam - ECT	Rotterdam	Holanda	93
ECT Delta Dedicated West Terminal	Rotterdam	Holanda	88

FUENTE: WWW.JOC.COM

En la Figura 63 se plasma la evolución de la productividad de buque atracado y de grúa en el periodo 2007-2013 de buques de Maersk Line sin especificar la caracterización de la muestra.

**Figura 63: Evolución 2007-2013 de la productividad media de grúa (mov/h) y de atraque (mov/h buque atracado) de los buques de Maersk Line**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: HEINRICH, T. (2014)

En muchas grandes terminales, en función del tamaño de la escala, a los ULCS se les asignan puntualmente de 7 a 9 grúas de muelle, en particular cuando el número de re-estibas es elevado. Se llegan a alcanzar situaciones operativas como la plasmada en la **Figura 64**.

**Figura 64: Buques de 18.000 TEUs trabajando con 12 y 13 grúas de muelle**



FUENTE: ALPHALINER (2015, ISSUE 17)

En cuanto al número de movimientos, en la **Tabla 35** se recogen algunos de los records expresados en TEUs frente a la capacidad anunciada del correspondiente buque.

**Tabla 35: Record 2010-2015 de operaciones de carga/descarga de buques portacontenedores**

Buque	Capacidad anunciada (TEUs)	Record en TEUs	Puerto	Fecha
Maersk McKinney Moller	18.340	18.168	Algeciras	26/01/2015
Mary Maersk	18.340	17.603	Algeciras	21/07/2014
Ebba Maersk	15.550	15.011	Tanger	18/05/2010

FUENTE: ALPHALINER (2015, ISSUE 5)

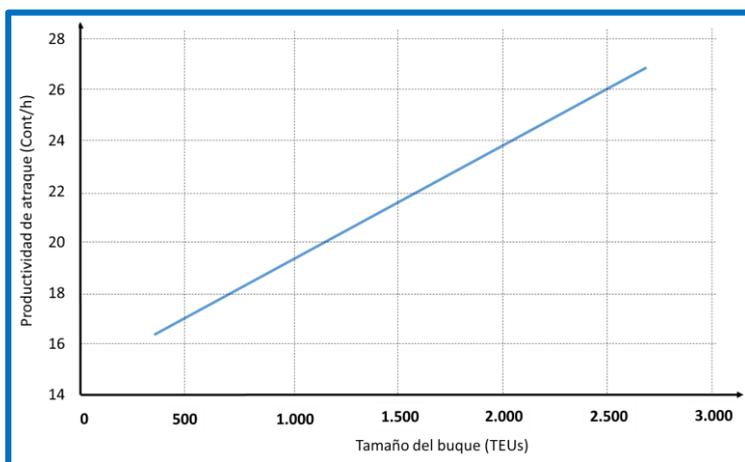
#### VI.4.4.3. Productividad de buque atracado y tamaño (mov/escala) de la escala y de los buques

Uno de los principales factores de la productividad de buque atracado es el tamaño de la escala (mov/escala), hecho que resulta suficientemente intuitivo: cuanto mayor es el número de movimientos a realizar sobre la capacidad del buque se puede emplear un mayor número de grúas siendo mayor la productividad unitaria de éstas por cuanto el número de movimientos por bodega se incrementa de modo que el tiempo empleado en los cambios de bodega es proporcionalmente menor. En sentido contrario opera que un mayor número de grúas en operación simultánea requiere una planificación de las operaciones más ajustada de modo que se minimicen las interferencias entre los equipos de transporte horizontal.

Diversos autores, a partir de datos experimentales han correlacionado el tamaño del buque o de la escala con la productividad de buque atracado:

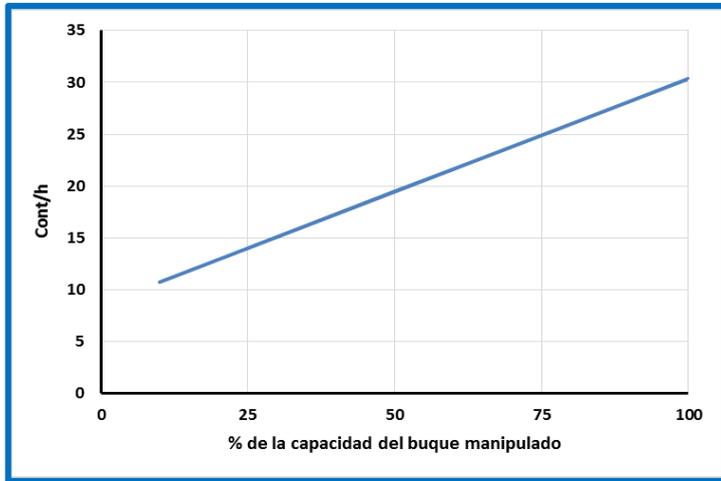
- Drewry (1998), relaciona el tamaño del buque y la productividad de atraque (**Figura 65**) y el % de la capacidad manipulado del buque y la productividad de atraque (**Figura 66**).

**Figura 65: Drewry: Relación entre el tamaño del buque (TEUs) y la Productividad de atraque (cont/h)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (1998)

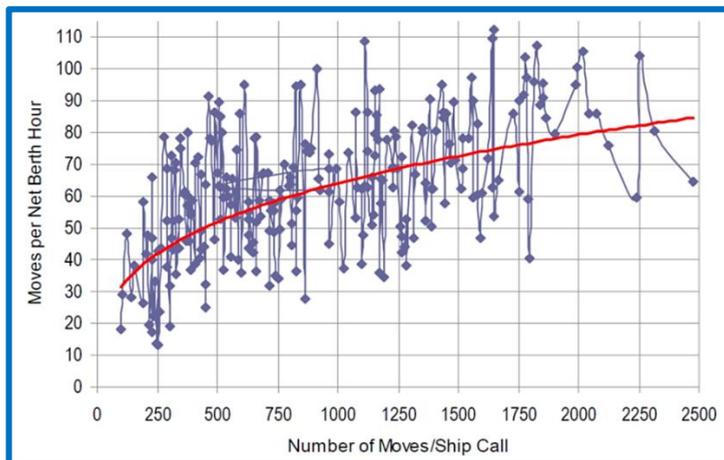
**Figura 66: Drewry: Relación entre el % de la capacidad del buque manipulado y la Productividad de atraque (Cont/h)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (1998)

- Ashar (2009): ilustra la productividad neta de atraque en función del tamaño de la escala. No indica el origen de los datos (**Figura 67**).

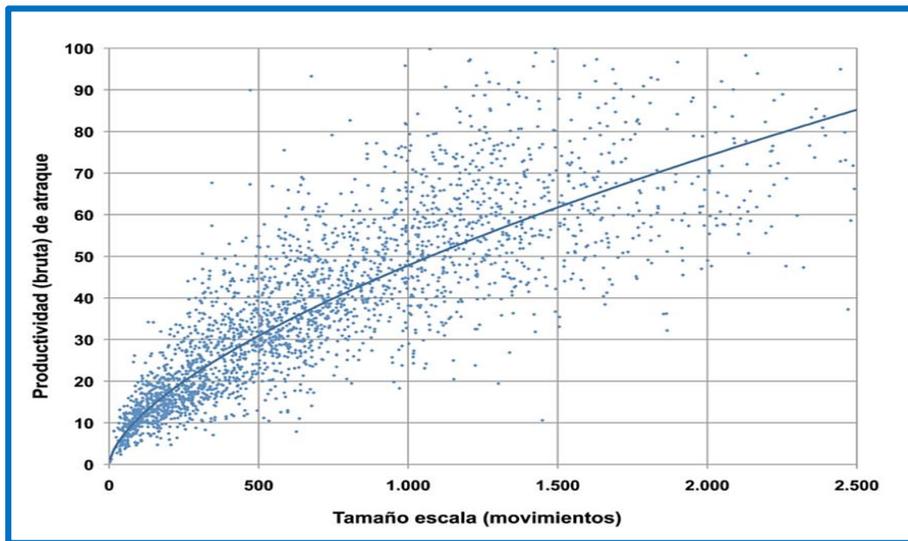
**Figura 67: Ashar: Relación entre el número de movimientos y la productividad (neta) de atraque de los buques**



FUENTE: ASHAR (2009)

- Monfort et al. (2011b): expresan la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad bruta de atraque en el Puerto de Valencia para 2010 (**Figura 68**).

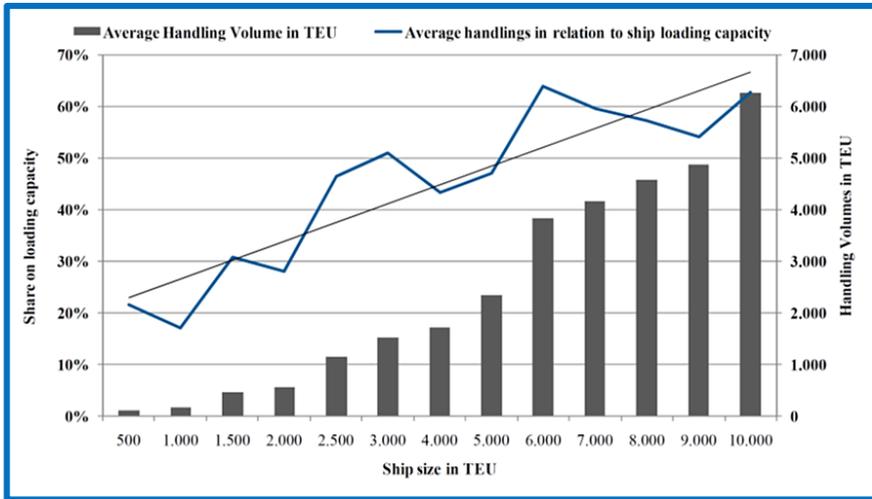
**Figura 68: Relación entre el número de movimientos y la productividad (bruta) de atraque de los buques (muestra de las terminales de contenedores del Puerto de Valencia, año 2010)**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

- Hartmann et al. (2011) analizan la relación entre el tamaño del buque y el % de manipulación de contenedores, en el caso del Puerto de Hamburgo (**Figura 69**).

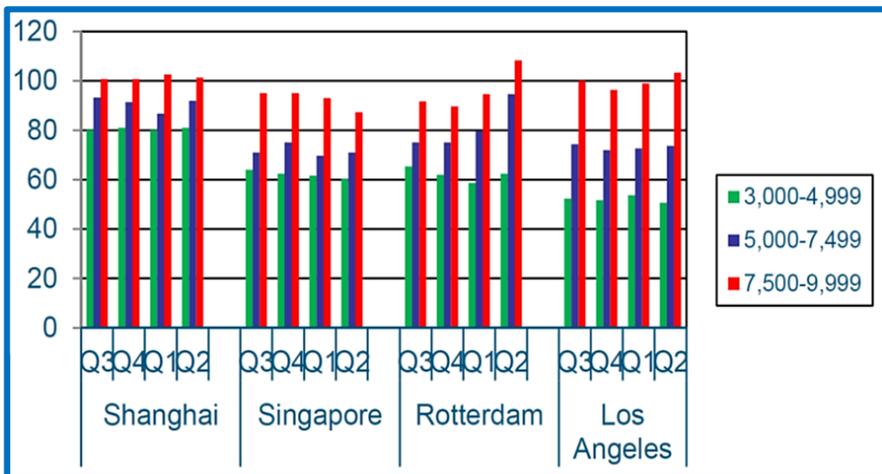
**Figura 69: Relación entre el tamaño del buque y el tamaño de la escala (Caso Puerto de Hamburgo. Año no disponible)**



FUENTE: HARTMANN ET AL. (2011)

- OSC (2013) discrimina por tamaño de buque el valor de productividad de atraque alcanzado en grandes puertos (Figura 70).

**Figura 70: Productividad de buque atracado (cont/m) en grandes puertos por tamaño de buque (2011-2012)**



FUENTE: OSC (2013)

- Asimismo JOC ([www.joc.com](http://www.joc.com)) segmenta la productividad de buque atracado de las terminales diferenciando entre los buques menores de 8.000 TEUs y los mayores de 8.000 TEUs (**Tabla 36**).

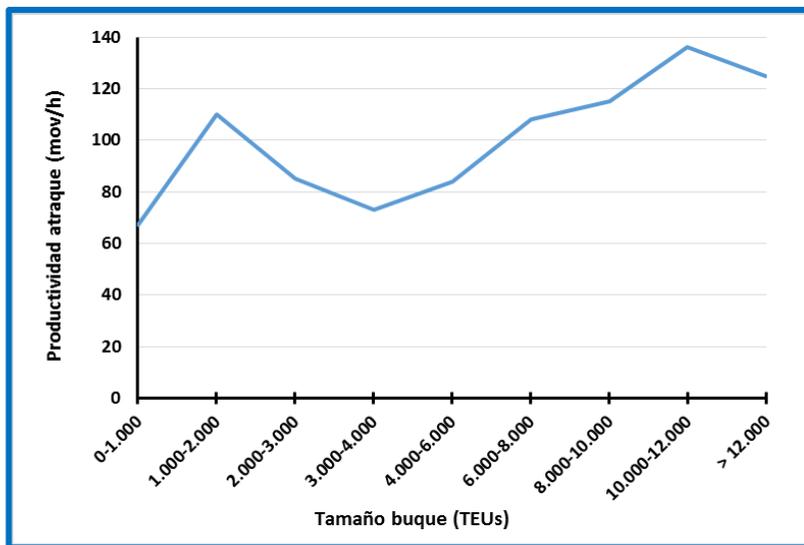
**Tabla 36: Productividad de atraque (mov/h) de TCs en función del tamaño de los buques Año 2014**

TERMINAL	PUERTO	PAIS	PRODUCTIVIDAD ATRAQUE (mov/h)		
			TOTAL	Buques < 8.000 TEUS	Buques > 8.000 TEUS
Qingdao Qianwan Container Terminal	Qingdao	China	136	100	157
DP World-Jebel Ali Terminal Jebel Ali UAE	Jebel Ali	EAU	131	112	156
Pusan Newport	Busan	Korea del Sur	121	109	128

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: WWW.JOC.COM

- Heinrich (2014) expresa la relación entre tamaño de buque y productividad de atraque (mov/h) para el caso de los buques de Maersk (**Figura 71**). Equivale al que Drewry ilustrara en 1998 (**Figura 65**). Al comparar ambos gráficos cabe subrayar dos aspectos:
  - el espectacular incremento en la productividad de atraque; y,
  - la no linealidad de la relación en la Figura 71, donde se observa la mayor productividad relativa de los buques de tamaño entre 1.000 y 3.000 TEUs (feeders) en el análisis de los buques de Maersk.

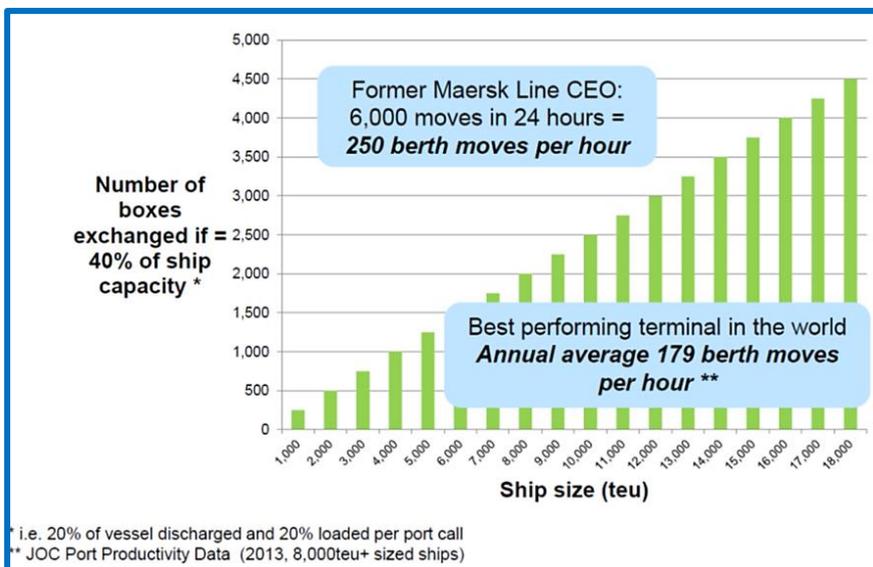
**Figura 71: Relación entre el tamaño del buque y la productividad de atraque (buque). Maersk Line**



FUENTE: HEINRICH, T. (2014)

- Finalmente, Power (2015), de Drewry, plantea el ejercicio teórico de considerar un % referencial del 40% (20% descarga 20% carga) sobre la capacidad del buque y subraya que la productividad de atraque ofertada en la actualidad - incluso en la terminal más productiva del mundo - queda lejos de la expectativa de los navieros que la sitúan en 6.000 movimientos en 24 horas para buques de 18.000 TEUs (250 mov/h atraque, **Figura 72**).

**Figura 72: Drewry: Ilustración de la relación entre el tamaño del buque y el número de movimientos (Caso 20% descarga + 20% carga)**



FUENTE: POWER, T. (2015)

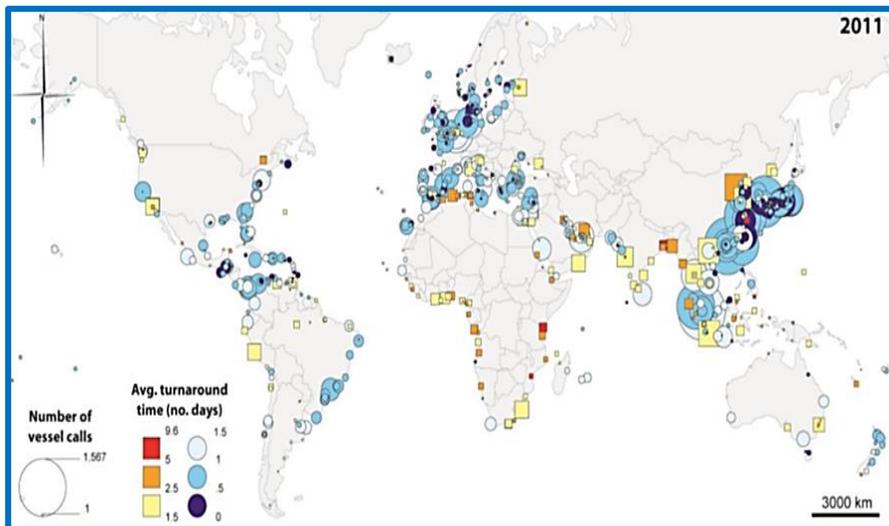
#### VI.4.5. Caracterización del nivel de servicio

Para estimar la capacidad de una terminal por línea de atraque se hace necesario conocer los límites que las navieras pueden admitir en la relación entre el tiempo de espera y el de servicio, conocida como espera relativa, para una adecuada productividad de buque atracado. El subsistema de carga y descarga de buques o de línea de atraque se suele explotar como una única línea continua, quedando así lejos de la simplificación que la teoría de colas exige de entenderlo como un grupo de puestos de atraques equivalentes, que atienden a buques idénticos. El muelle suele ser, en su caso más sencillo y habitual, una alineación más o menos uniforme (podría haber múltiples alineaciones o tramos de calados diferentes que complicarían notablemente el estudio) a la que llegan barcos de tamaños y necesidades de servicio diferentes. La simulación se plantea como el único modo de profundizar en su conocimiento, lo que exige a su vez estudiar muchos aspectos que la simplificación de los métodos analíticos oculta.

En el epígrafe V.2.3 se apuntaban los dos principales atributos que caracterizan el nivel de servicio recibido por los navieros en la línea de atraque: la productividad del buque en el atraque y la espera relativa.

Desde el punto de vista del naviero los referidos atributos se expresan en el denominado **tiempo de rotación del buque en el puerto** o **duración de la escala (Figura 73)** que es un indicador fundamental en la programación de las escalas en la correspondiente ruta de navegación.

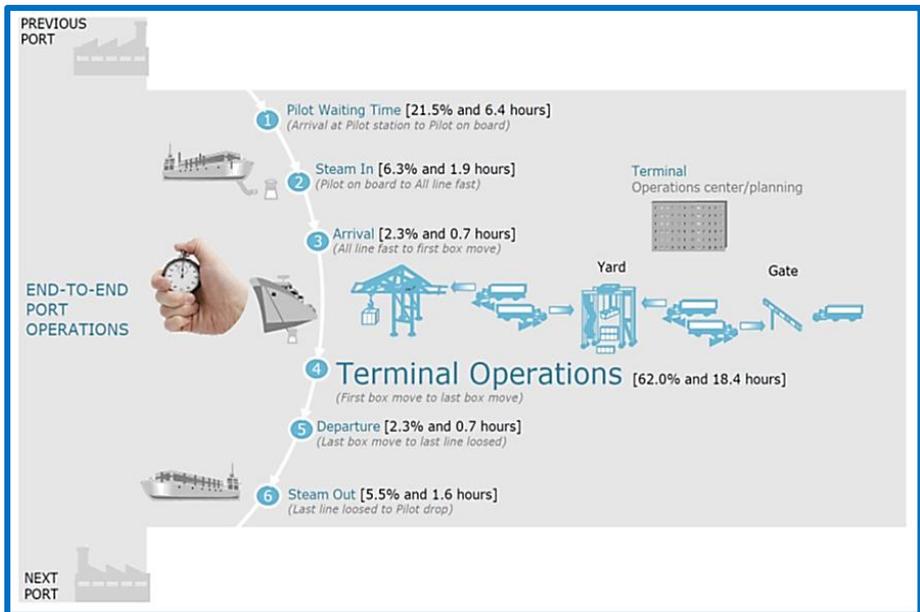
**Figura 73: Tiempo de rotación de los buques a nivel mundial**



FUENTE: DUCRUET ET AL. (2014)

En la **Figura 74** y **Tabla 37** se ilustra la descomposición del tiempo de rotación del buque en 6 etapas para el caso de una escala de Maersk Line de 29,7 h de duración total. El tiempo de fondeo (etapa 1), por espera al servicio de practicaje, significa el 21,5% del tiempo total. La calidad de servicio ( $\epsilon$ ) calculada sobre el resto de los tiempos se sitúa en 0,27 que no es aceptable (como media) en un servicio para tráfico contenedorizado. No es posible valorar el nivel de servicio porque haría falta conocer asimismo la productividad de buque atracado que no se facilita.

**Figura 74: Ilustración de la desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line)**



FUENTE: HEINRICH, T. (2014)

**Tabla 37: Desagregación del tiempo de rotación del buque (ejemplo Maersk Line)**

Operación	Tiempo (h)	%			Calidad servicio (€)
1 Fondo (espera práctico)	6,4	21,5	Espera	6,4	0,27
2 Maniobra entrada/atracque	1,9	6,4	Servicio	23,3	
3 Amarre y prepara ops.	0,7	2,4			
4 Operaciones carga/descarga	18,4	62,0			
5 Prepara salida	0,7	2,4			
6 Maniobra desatracque/salida	1,6	5,4			
Total	29,7	100,0	Total	29,7	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE HEINRICH, T. (2014)

Los **contratos entre los operadores de terminales de contenedores y los navieros** incorporan cláusulas relativas al nivel de servicio:

- Tasa de ocupación
- Número de grúas simultáneas en función del tipo de buque
- Productividad unitaria de las grúas

También se acota el tiempo de las operaciones relacionadas con el amarre y comienzo de operaciones y la finalización de operaciones y desamarre. De este modo se está acotando la productividad de atraque del buque requerida

A título ilustrativo, se tienen los siguientes indicadores y valores referenciales que quedan habitualmente contemplados en los contratos de carácter confidencial entre la terminal y el naviero, en este caso facilitado por un naviero y operador de terminales global: (**Tabla 38**):

a) Número de grúas simultáneas y productividad unitaria de grúa

**Tabla 38: Referencia de nº de grúas simultáneas y productividad unitaria de grúa por tamaño de buque portacontenedores**

Tipo Buque	Capacidad	Eslora	Servicio	Grúas	Prod grúa
	TEUs	m		Nº	Mov/h
Buque 1	18.000	400	Mainline	6	35
Buque 2	13.000	366	Mainline	4	35
Buque 3	8.000	351	Mainline	4	35
Buque 4	6.500	320	Mainline	3	35
Buque 5	5.500	290	Mainline	3	35
Buque 6	4.500	274	Feeder	4	30
Buque 7	3.500	244	Feeder	4	30
Buque 8	2.500	198	Feeder	3	30
Buque 9	1.000	137	Feeder	2	30
Buque 10	500	91	Feeder	1	30

FUENTE: OPERADOR GLOBAL

b) Tasa de ocupación:

La tasa de ocupación máxima admisible depende del número de atraques de la instalación:

- Para 2 atraques: máx. 45%
- Para 3 atraques: máx. 65%
- Para más de 3 atraques: max. 75%

c) Tiempos muertos máximos

Tiempo máximo entre el amarre e inicio de las operaciones: 2 horas

Tiempo máximo entre el final de las operaciones y la salida: 2 horas

## VI.4.6. Indicadores para el dimensionamiento de TCs por línea de atraque: evolución

### VI.4.6.1. Indicadores de productividad de línea de atraque y de grúas de muelle

Desde finales del siglo XX, Drewry y Ocean Shipping Consultants vienen publicando diversas monografías sobre la caracterización del tráfico en contenedor, las terminales de contenedores y sus operadores. Desde entonces se generalizó el empleo de tres indicadores operacionales que permiten el seguimiento de los recursos de línea de atraque, grúas de muelle y superficie de una terminal:

- **Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m)**
- **Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa)**
- **Tráfico anual por hectárea de patio de almacenamiento (TEUs/ha)**

Otro indicador clásico es el de la **productividad horaria de las grúas de muelle** que resulta menos manejable a la hora de realizar comparaciones por la mayor dificultad de disponer de datos comparables, consecuencia de las definiciones a la hora de computar los movimientos y el tiempo.

Desde el año 2013 se ha popularizado el manejo del indicador de **productividad de buque atracado**, tras la publicación por parte de Journal of Commerce (JOC) de datos obtenidos a través de los navieros de sus escalas en terminales alrededor del mundo.

A la hora de dimensionar los referidos indicadores en la situación de capacidad resulta de gran interés abordar el análisis histórico de su evolución tanto a escala macro (por áreas geográficas), en el conjunto de una muestra relevante de terminales de la misma categoría como a escala micro, analizando la evolución de una terminal o puerto.

A continuación, en los dos epígrafes siguientes, a partir de datos de cuatro estudios (OSC, 1998 y 2006; y Drewry, 2010 y 2014) que cubren los periodos 1986-1996, 1995-2004, 2007-2010 y 2011-2013, se analiza la evolución de los referidos indicadores por áreas geográficas y a escala mundial a lo largo de más de 25 años.

Cabe señalar que una de las dificultades de los análisis de evolución histórica de los indicadores es la composición de las muestras. Se hace necesario que los datos de la muestras sean homogéneos y suficientemente representativos de la población objeto de análisis, en este caso, las terminales de contenedores a escala global.

En el análisis de la capacidad por línea de atraque, a los indicadores referidos de productividad de la línea de atraque y de las grúas se suma el indicador de **distancia (m) entre las grúas de muelle**. Seguidamente se recorren los periodos temporales anunciados para los indicadores de productividad por línea de atraque y de grúas.

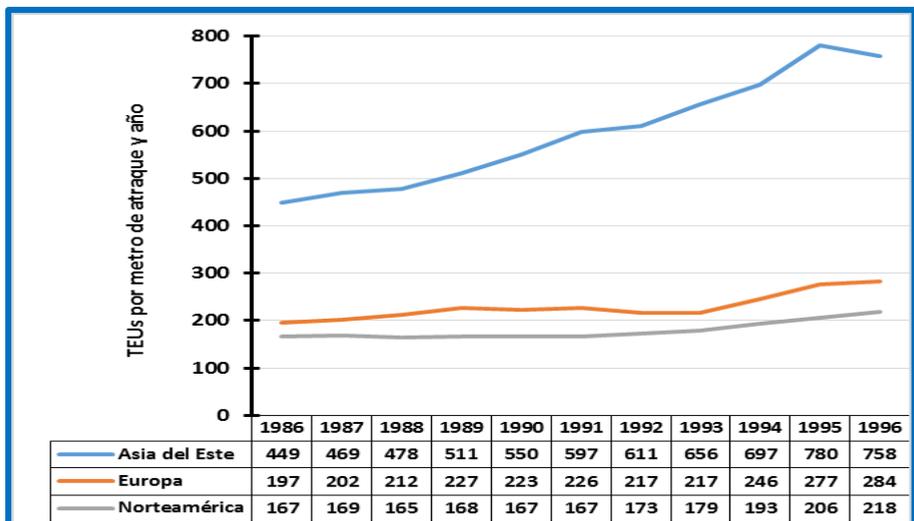
#### ***Periodo 1986-1996***

En la **Figura 75** se plasma la evolución 1986-1996 del **tráfico anual por línea de atraque** (TEUs/m) para las áreas geográficas de Norteamérica, Europa y Asia del Este. Cabe señalar la ostensible brecha de productividad entre las regiones occidentales y la oriental que se hace mayor en el referido periodo en términos absolutos y relativos (**Figura 76**).

En la **Figura 77** se tiene la evolución 1986-1996 del **tráfico anual por grúa de muelle** (TEUs/grúa) para las áreas indicadas que explica parte de la brecha que asimismo se incrementa en el periodo (**Figura 78**).

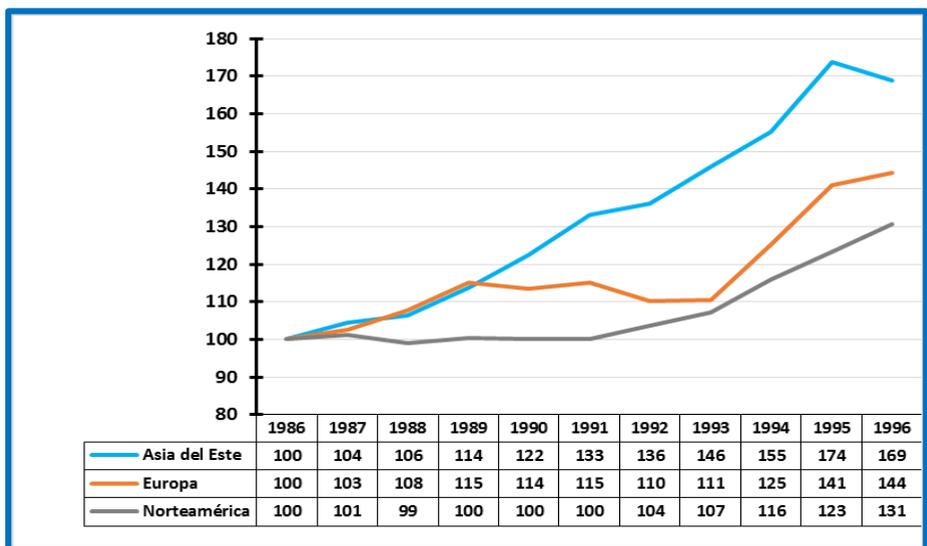
En la **Figura 79** se recoge la evolución 1986-1996 del indicador de **distancia media entre grúas de muelle**. Conformar la otra componente que explica la brecha entre las regiones occidentales y la oriental en la productividad por línea de atraque expresada en TEUs/m.

**Figura 75: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996**



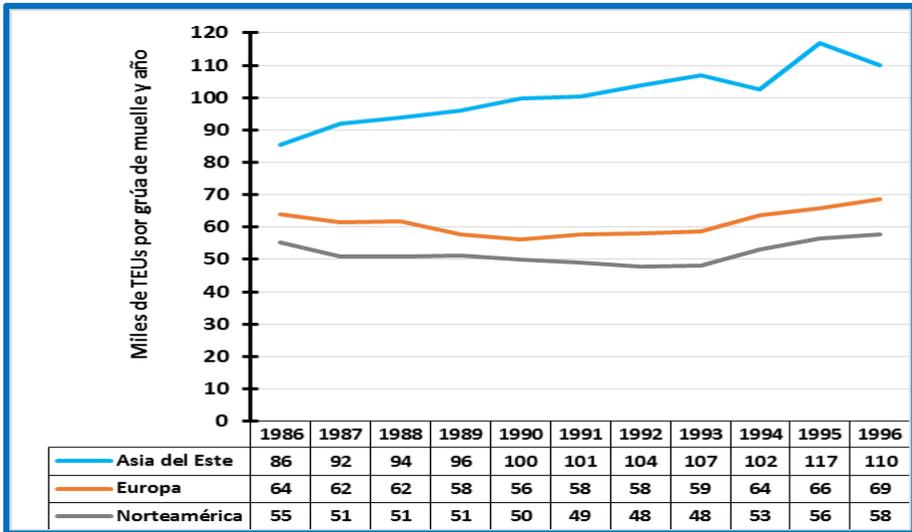
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 76: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986**



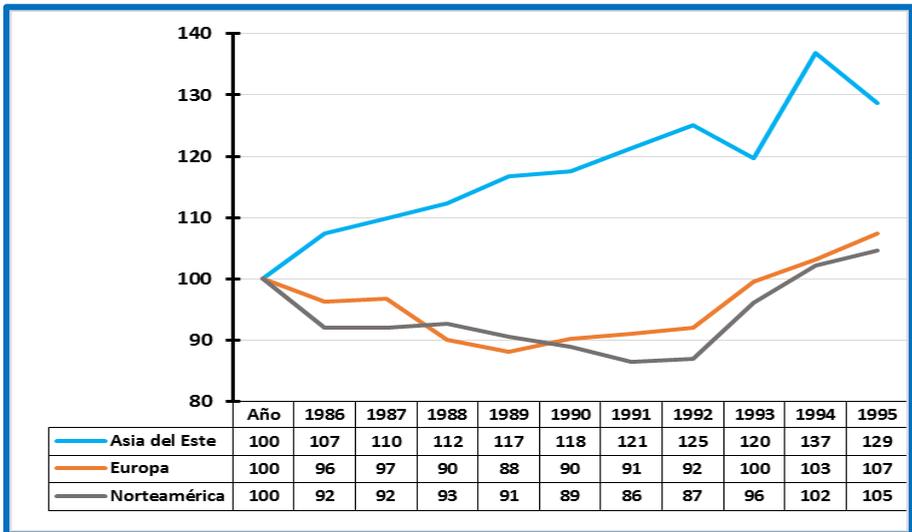
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 77: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas: Evolución 1986-1996**



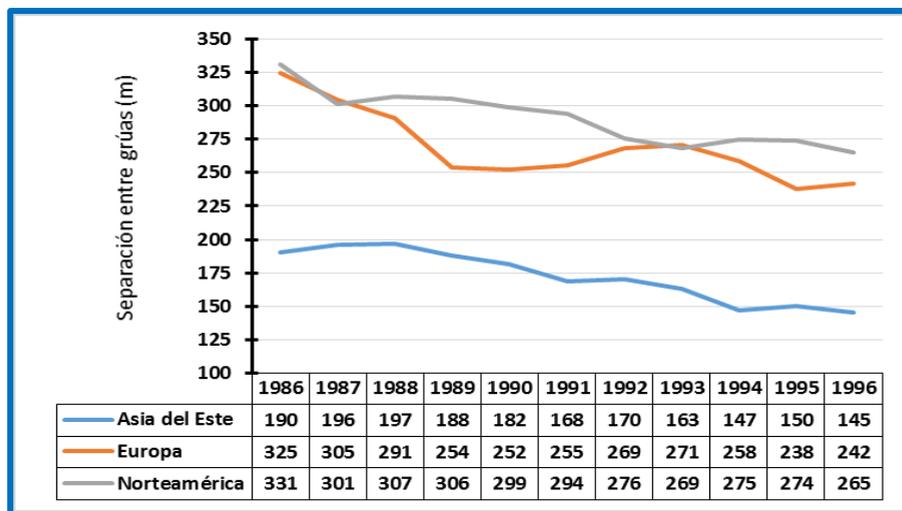
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 78: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas. Base 100: año 1986**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 79: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1986-1996 por áreas geográficas**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

Resumiendo, en el periodo 1986-1996 la productividad de la línea de atraque (**Tabla 39**):

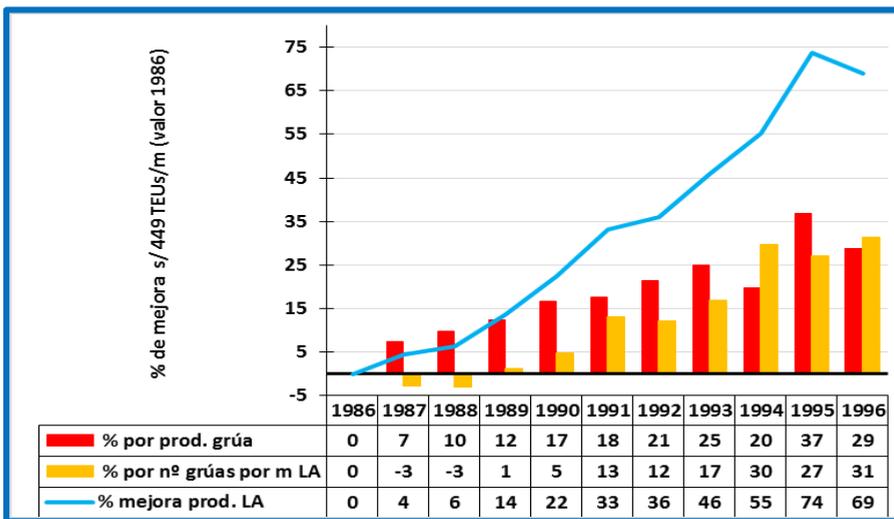
- En Asia del Este, mejoró en un 69% (**Figura 80**), partiendo de 449 TEUs/m alcanzó los 758 TEUs/m, como resultado del producto de un incremento del 31% por el número de grúas empleado, que pasó de 5,3 a 6,9 por cada 1.000 m de atraque; y, de un 29% de la productividad de las grúas que pasó de 86 mil a 110 mil TEUs/grúa y año.
- En Europa, mejoró en un 44% (**Figura 81**), partiendo de 197 TEUs/m alcanzó los 284 TEUs/m, como resultado del producto de un 34% por el número de grúas empleado, que pasó de 3,1 a 4,1 por cada 1.000 m de atraque; y, de un 7% de la productividad de las grúas que pasó de 64 mil a 69 mil TEUs/grúa y año.
- En Norteamérica, mejoró en un 31% (**Figura 82**), partiendo de 167 TEUs/m alcanzó los 218 TEUs/m, como resultado del producto de un 25% por el número de grúas empleado, que pasó de 3 a 3,8 por cada 1.000 m de atraque; y, y de un 5% de la productividad de las grúas que pasó de 52 mil a 58 mil (TEUs/grúa y año).

**Tabla 39: Áreas geográficas: Evolución 1886-1986 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)**

IND. OPERACIONAL /AÑO	ASIA DEL ESTE	EUROPA	NORTEAMÉRICA
TEUs/m 1986	449	197	167
TEUs/m 1996	758	284	218
<b>% var. 1986-1996</b>	<b>69</b>	<b>44</b>	<b>31</b>
TEUs (miles)/grúa 1986	86	64	52
TEUs (miles)/grúa 1996	110	69	58
<b>% var. 1986-1996</b>	<b>29</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
grúa/m (mil) 1986	5,3	3,1	3,0
grúa/m (mil) 1996	6,9	4,1	3,8
<b>% var. 1986-1996</b>	<b>31</b>	<b>34</b>	<b>25</b>

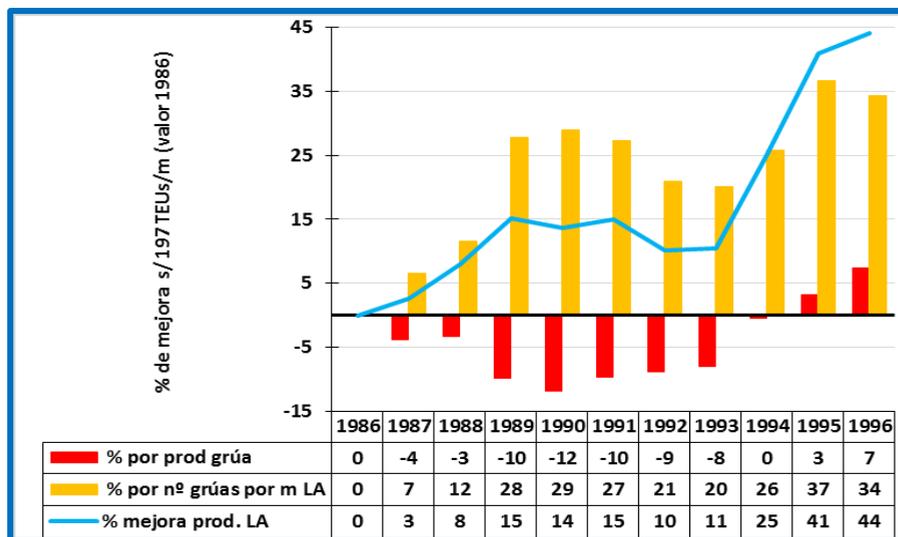
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 80: Este de Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986**



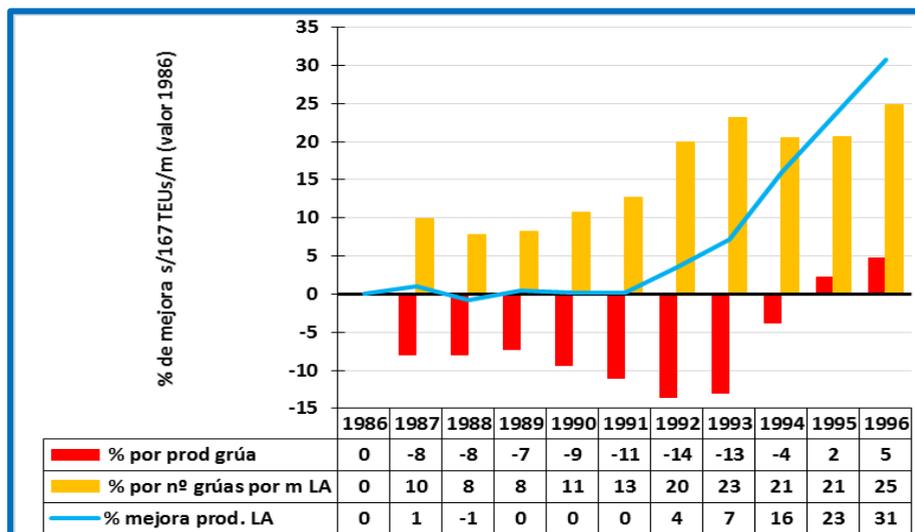
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 81: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

**Figura 82: Norteamérica: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1986-1996. Base 100: año 1986**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998)

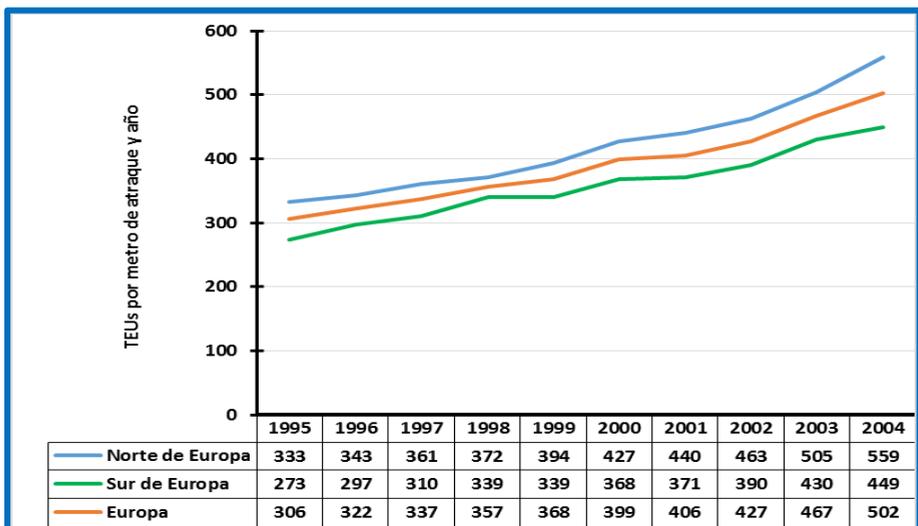
**Periodo 1995-2004**

En la **Figura 83** se plasma la evolución 1995-2004 del **tráfico anual por línea de atraque** (TEUs/m) para las áreas geográficas del Norte y Sur de Europa y para su conjunto. Cabe señalar que la brecha de productividad entre el Norte y el Sur de Europa se hace mayor en el referido periodo pasando de 60 TEUs/m de atraque y año a 110 TEUs/m de atraque si bien el crecimiento de la productividad en términos relativos es similar (**Figura 84**).

En la **Figura 85** se tiene la evolución 1995-2004 del **tráfico anual por grúa de muelle** (TEUs/grúa) donde ambas áreas geográficas arrancan en el año 1995 en unos 66 mil TEUs por grúa, finalizando en 2004 el Sur de Europa con un valor ligeramente superior al del Norte (**Figura 86**).

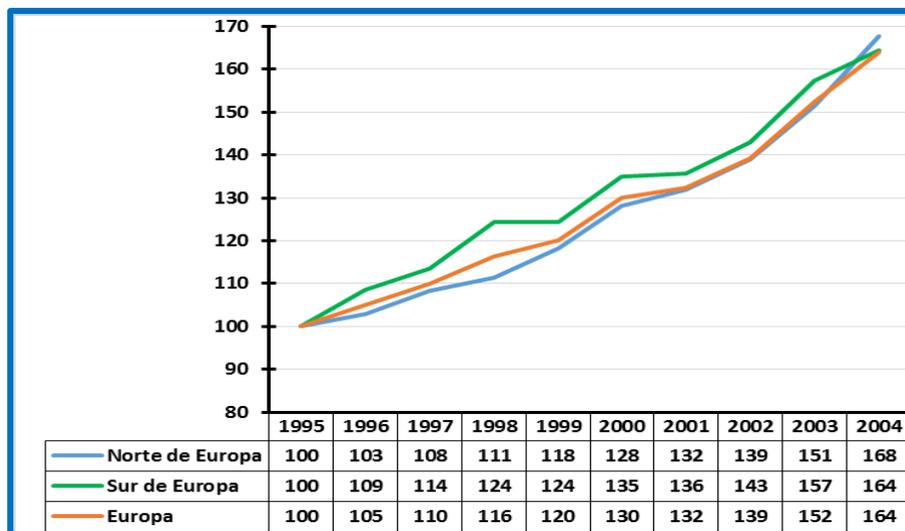
En la **Figura 87** se recoge la evolución 1995-2004 del indicador de **distancia media entre grúas de muelle**. Conforma la componente principal que explica la brecha entre el Norte y el Sur de Europa con 172 y 222 m entre grúas, respectivamente en el año 2004.

**Figura 83: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004**



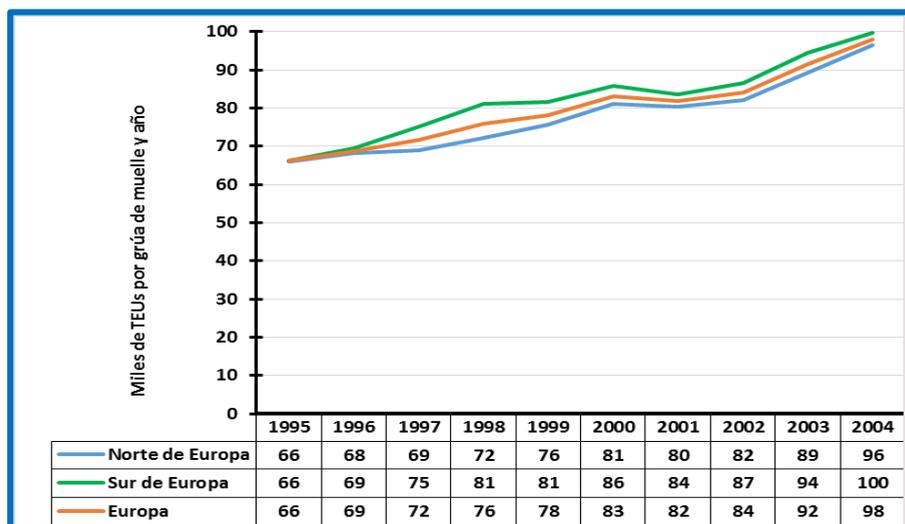
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 84: Tráfico anual por metro de línea de atraque: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas de Europa. Base 100: año 1995**



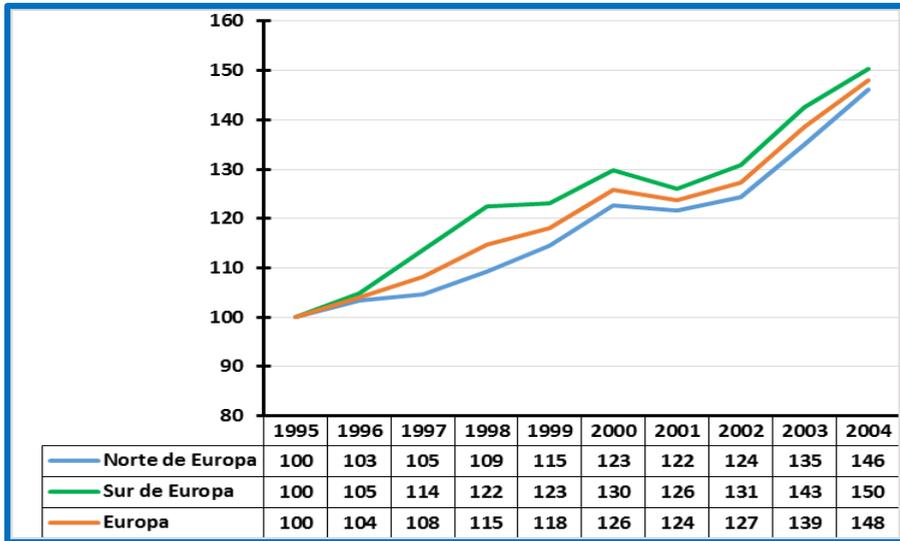
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 85: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 1995-2004**



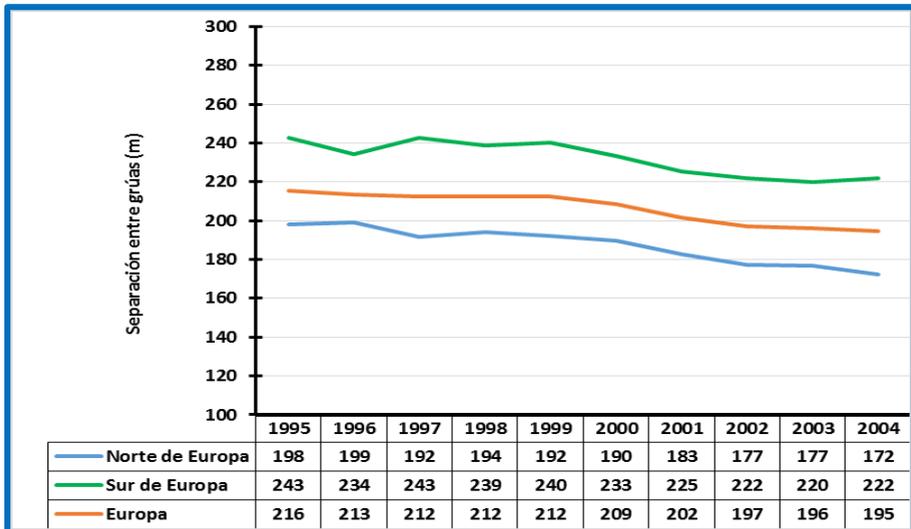
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 86: Tráfico anual por grúa de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas. Base 100: año 1995**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 87: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 1995-2004 por áreas geográficas**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

Resumiendo, en el periodo 1995-2004 la productividad de la línea de atraque (**Tabla 40**):

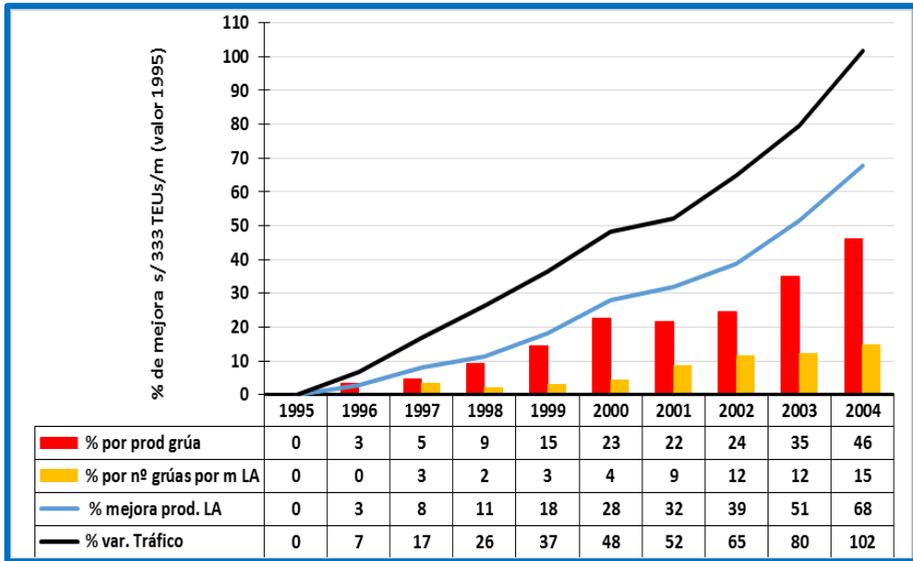
- En el Norte de Europa, mejoró en un 68% (**Figura 88**), partiendo de 333 TEUs/m alcanzó los 559 TEUs/m, como resultado del producto de un 15% por el número de grúas empleado, que pasó de 5 a 5,8 grúas por cada 1000 m. de atraque; y, de un 45% de la productividad de las grúas que pasó de 66 mil a 96 mil TEUs/grúa y año. En el periodo el tráfico incrementó en un 102%.
- En el Sur de Europa, mejoró en un 64% (**Figura 89**), partiendo de 273 TEUs/m alcanzó los 449 TEUs/m, como resultado del producto de un 9% por el número de grúas empleado, que pasó de 4,1 a 4,5 grúas por cada 1000 m. de atraque; y, de un 52% de la productividad de las grúas de 66 mil a 100 mil TEUs/grúa y año. En el periodo el tráfico incrementó en un 164%.
- En el conjunto de Europa, mejoró en un 64% (**Figura 90**), partiendo de 306 TEUs/ alcanzó los 502 TEUs/m, como resultado del producto de un 11% por el número de grúas empleado, que pasó de 4,6 a 5,1 grúas por cada 1000 m. de atraque; y, de un 48% de la productividad de las grúas que pasó de 66 mil a 98 mil TEUs/grúa y año. En el periodo el tráfico incrementó en un 126%.

**Tabla 40: Áreas geográficas de Europa: Evolución 1995-2004 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)**

IND. OPERACIONAL /AÑO	NORTE DE EUROPA	SUR DE EUROPA	EUROPA
TEUs/m 1995	333	273	306
TEUs/m 2004	559	449	502
<b>% var. 1995-2004</b>	<b>68</b>	<b>64</b>	<b>64</b>
TEUs (miles)/grúa 1995	66	66	66
TEUs (miles)/grúa 2004	96	100	98
<b>% var. 1995-2004</b>	<b>45</b>	<b>52</b>	<b>48</b>
grúa/m (mil) 1995	5,0	4,1	4,6
grúa/m (mil) 2004	5,8	4,5	5,1
<b>% var. 1995-2004</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>11</b>

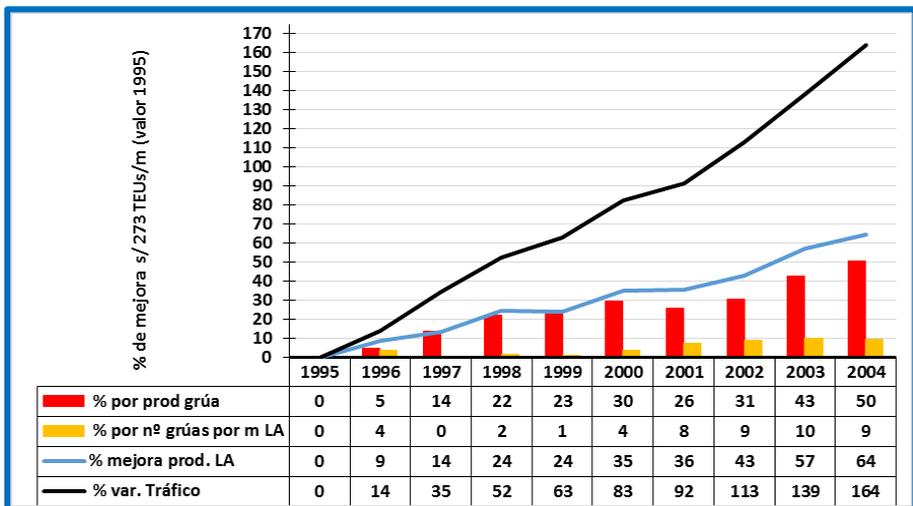
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 88: Norte de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995**



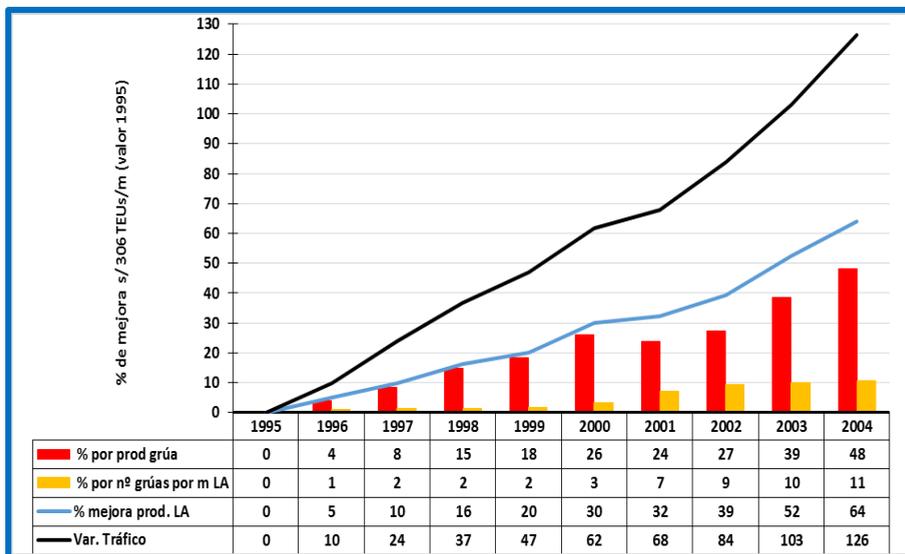
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 89: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Figura 90: Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m). Causas de la mejora. Evolución 1995-2004. Base 100: año 1995**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (2006)

**Periodo 2007-2009 Y 2011-2013**

En el presente epígrafe se amplía a 13 el número de áreas geográficas con la distribución por países que se recoge en la **Tabla 41**.

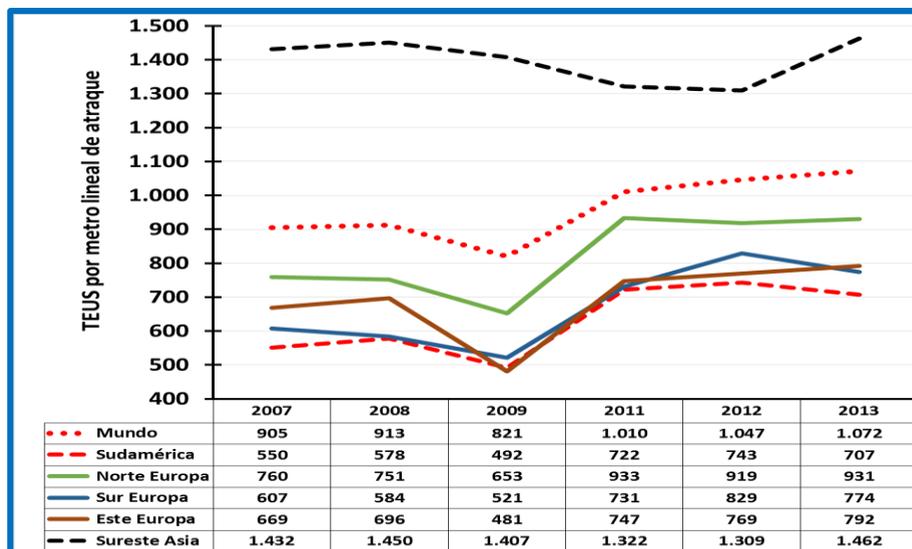
**Tabla 41: Distribución de países por áreas geográficas**

ÁREA GEOGRÁFICA	PAÍSES
Norte América	Bermuda, Canada, USA
Centro América	Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama
Caribe	Bahamas, Barbados, Cayman Islands, Cuba, Dominican Republic, Haiti, Jamaica, Leeward Islands, Netherlands Antilles, Puerto Rico, Trinidad & Tobago, Virgin Islands, Windward Islands
Sur América	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, French Guiana, Peru, Uruguay, Venezuela
Norte Europa	Belgium, Denmark, Eire, Finland, France (north / west coast), Germany, Greenland, Iceland, Netherlands, Norway, Sweden, UK
Este Europa	Bulgaria, Croatia, Estonia, Georgia, Latvia, Lithuania, Poland, Romania, Russia (Baltic and Black Sea coasts), Slovenia, Ukraine, Montenegro
Sur Europa	Cyprus, France (south coast), Gibraltar, Greece, Italy, Madeira, Malta, Portugal (incl. Azores / Madeira), Spain (incl. Canary Islands), Turkey
África	Algeria, Angola, Ascension Island, Benin, Cameroon, Congo, Djibouti, Egypt, Eritrea, Gambia, Ghana, Guinea, Ivory Coast, Kenya, Liberia, Libya, Madagascar, Mauritania, Mauritius, Morocco, Mozambique, Namibia, Nigeria, Reunion, South Africa, Senegal, Sey
Oriente Medio	Bahrain, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, Syria, UAE, Yemen
Sur Asia	Bangladesh, India, Pakistan, Sri Lanka
Lejano Oriente	Guam, Hong Kong, Japan, China (People's Republic of), Russia (Sea of Japan coast), South Korea, Taiwan
Sureste Asia	Brunei, Cambodia, Indonesia, Malaysia, Myanmar (Burma), Philippines, Singapore, Thailand, Vietnam
Oceanía	Australia, Fiji, New Caledonia, New Zealand, Papua New Guinea, Samoa, Tahiti, Tuvalu, Vanuatu

FUENTE: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 91** se plasma la evolución 2007-2013 del **tráfico anual por línea de atraque (TEUs/m) de las áreas geográficas de Europa** y se compara con la media mundial y con el área geográfica más productiva (Sureste Asia) y menos productiva (Sudamérica). Norte, Sur y Este de Europa quedan por debajo de la media mundial y en el caso del Este y del Sur muy próximas a Sudamérica.

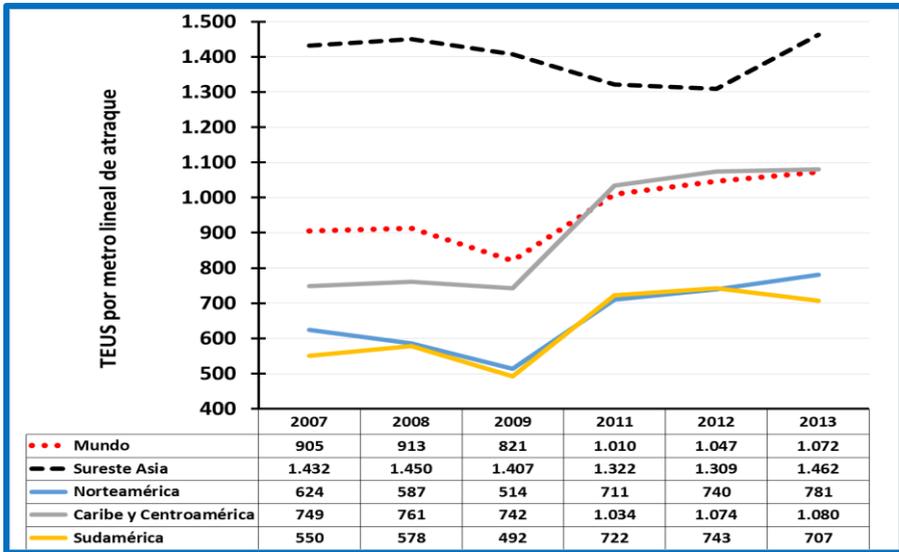
**Figura 91: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de Europa: Evolución 2007-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 92** se plasma la evolución 2007-2013 del **tráfico anual por línea de atraque (TEUs/m)** de las **áreas geográficas de América** y se compara con la media mundial y con el área geográfica más productiva (Sureste Asia) y menos productiva (Sudamérica). Norte y Sur de América quedan por debajo de la media mundial en el rango más bajo de productividad; Centroamérica se ha situado desde 2011 en la media mundial.

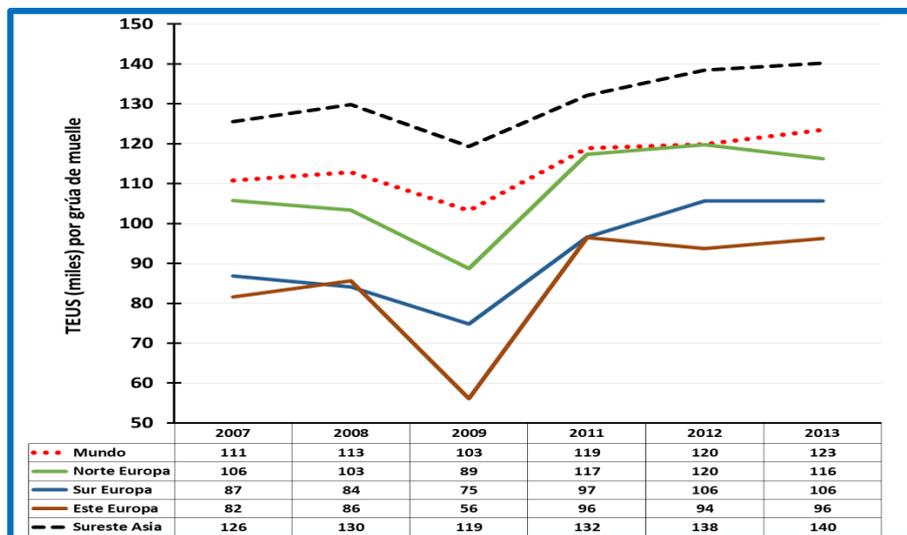
**Figura 92: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) por áreas geográficas de América: Evolución 2007-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 93** se plasma la evolución 2007-2013 del **tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa)** de las áreas geográficas de Europa y se compara con la media mundial y con el área geográfica más productiva (Sureste Asia). Las tres áreas europeas quedan por debajo de la media mundial.

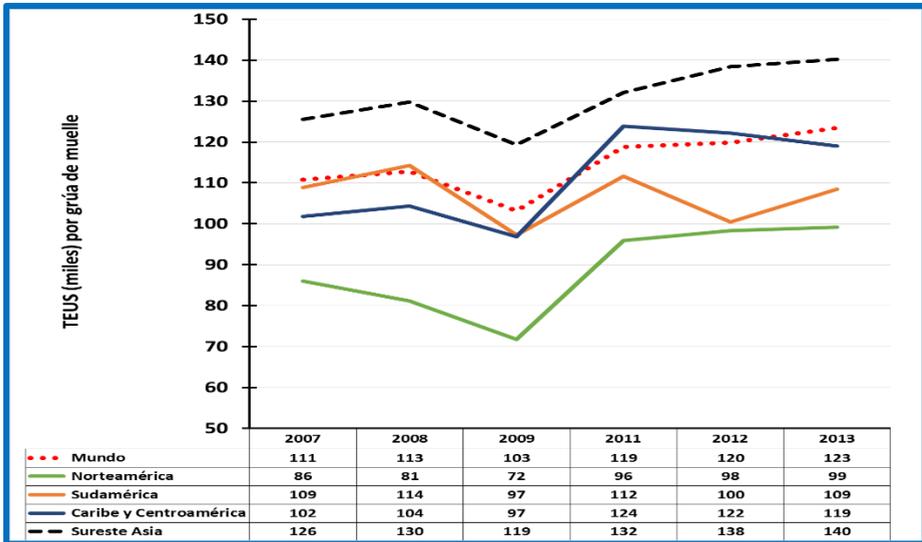
**Figura 93: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de Europa. Evolución 2007-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 94** se plasma la evolución 2007-2013 del tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) de las áreas geográficas de América y se compara con la media mundial y con el área geográfica más productiva (Sureste Asia). Norteamérica y Sudamérica quedan por debajo de la media mundial; Centroamérica y Caribe oscilan en torno a la media.

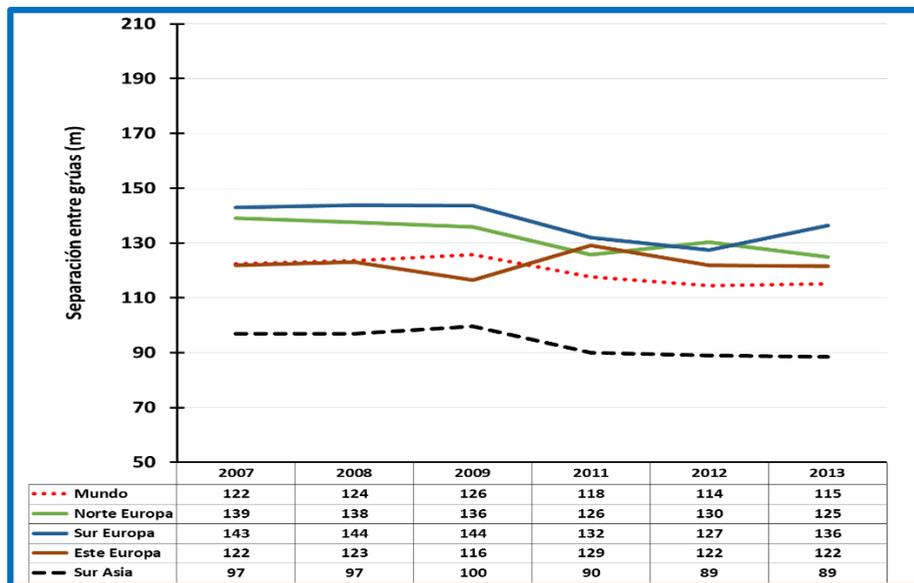
**Figura 94: Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa) por áreas geográficas de América. Evolución 2007-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 95** se plasma la evolución 2007-2013 del indicador de **distancia media entre grúas de muelle de las áreas geográficas de Europa** y se compara con la media mundial y con el área geográfica con mayor intensidad (Sur Asia). Las tres áreas europeas quedan por encima de la media mundial.

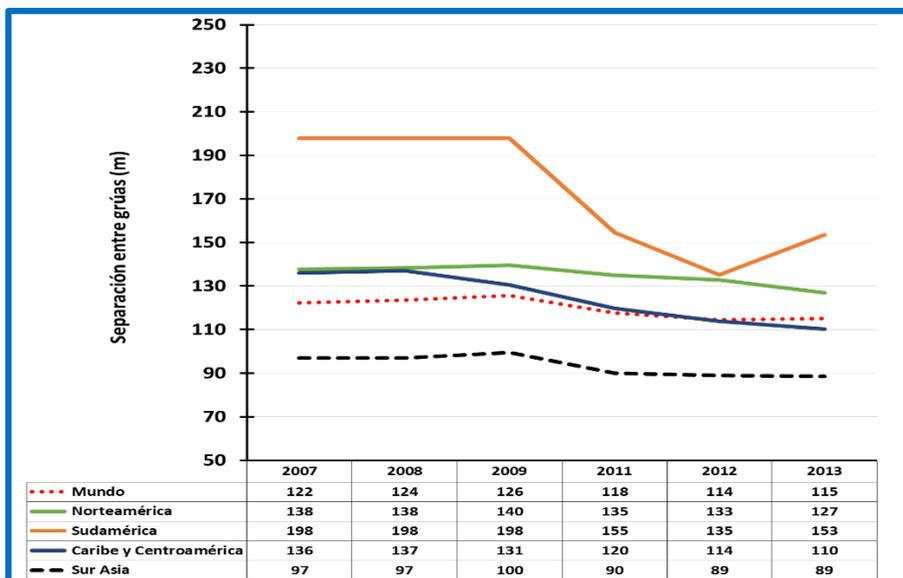
**Figura 95: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de Europa**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 96** se plasma la evolución 2007-2013 del indicador de **distancia media entre grúas de muelle de las áreas geográficas de América** y se compara con la media mundial y con el área geográfica con mayor intensidad (Sur Asia). Norteamérica y Sudamérica quedan por encima de la media mundial; Centroamérica y Caribe, ligeramente por debajo de la media.

**Figura 96: Distancia entre grúas de muelle: Evolución 2007-2013 por áreas geográficas de América**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

Resumiendo, en el periodo 1986-1996 la productividad de la línea de atraque (Tabla 42):

- A nivel mundial, mejoró en un 18% (**Figura 97**), partiendo de 905 TEUs/m alcanzó los 1.072 TEUs/m, como resultado del producto de un incremento del 6% por el número de grúas empleado, que pasó de 8,2 a 8,7 por cada 1.000 m de atraque; y, de un 11% de la productividad de las grúas que pasó de 111 mil a 123 mil TEUs/grúa y año.
- En Sureste Asia, mejoró en un 2% (**Figura 98**), partiendo de 1.432 TEUs/m alcanzó los 1.462 TEUs/m, como resultado del producto de una reducción del 9% por el número de grúas empleado, que pasó de 11,4 a 10,4 por cada 1.000 m de atraque; y, de un 12% de la productividad de las grúas que pasó de 126 mil a 140 mil TEUs/grúa y año.
- En el Sur de Europa, mejoró en un 28% (**Figura 99**), partiendo de 607 TEUs/m alcanzó los 774 TEUs/m, como resultado del producto de un

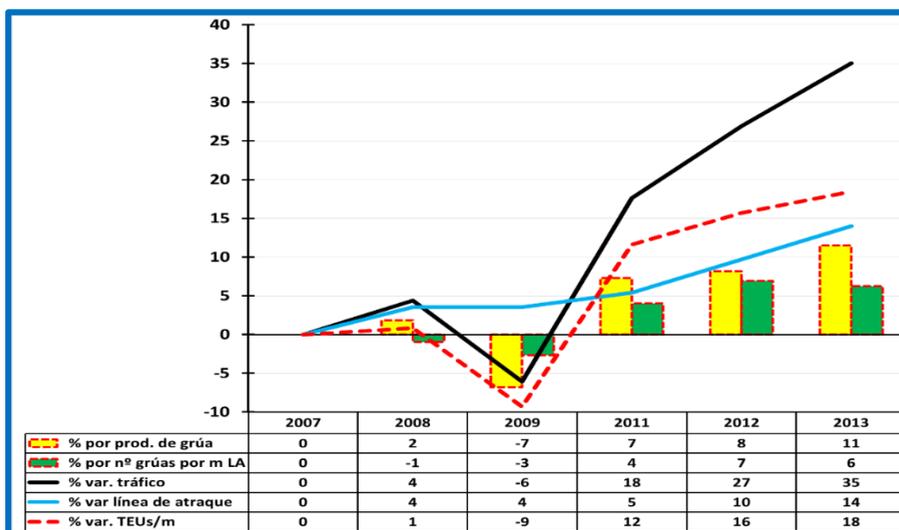
incremento del 5% por el número de grúas empleado, que pasó de 7 a 7,3 por cada 1.000 m de atraque; y, de un 22% de la productividad de las grúas que pasó de 87 mil a 106 mil TEUs/grúa y año.

**Tabla 42: Áreas geográficas: Evolución 2007-2013 de los Indicadores operacionales anuales por línea de atraque (TEUs/m) y grúas de muelle (TEUs y distancia entre grúas)**

IND. OPERACIONAL / AÑO	MUNDIAL	SURESTE ASIA	SUR EUROPA
TEUs/m 2007	905	1432	607
TEUs/m 2013	1,072	1462	774
<b>% var. 2007-2013</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>28</b>
TEUs (miles)/grúa 2007	111	126	87
TEUs (miles)/grúa 2013	123	140	106
<b>% var. 2007-2013</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>22</b>
grúa/m (mil) 2007	8,2	11,4	7
grúa/m (mil) 2013	8,7	10,4	7,3
<b>% var. 2007-2013</b>	<b>8,2</b>	<b>-9</b>	<b>5</b>

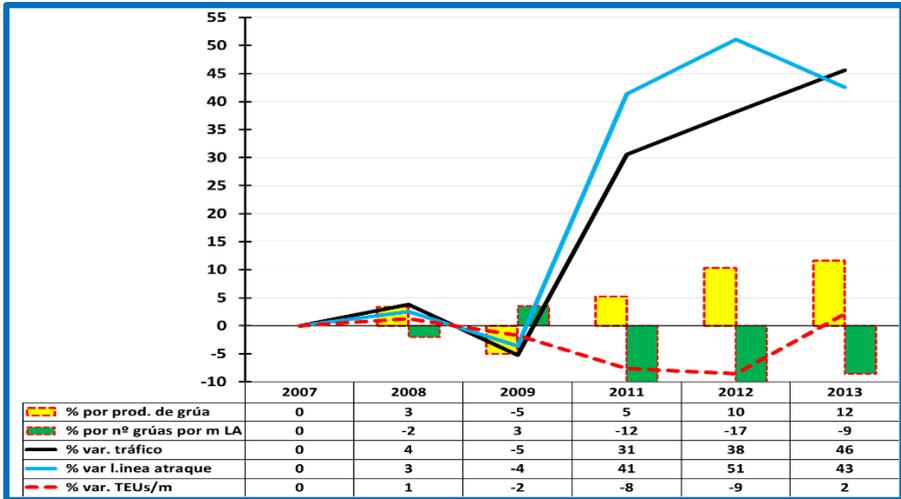
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2014)

**Figura 97: Mundo: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007**



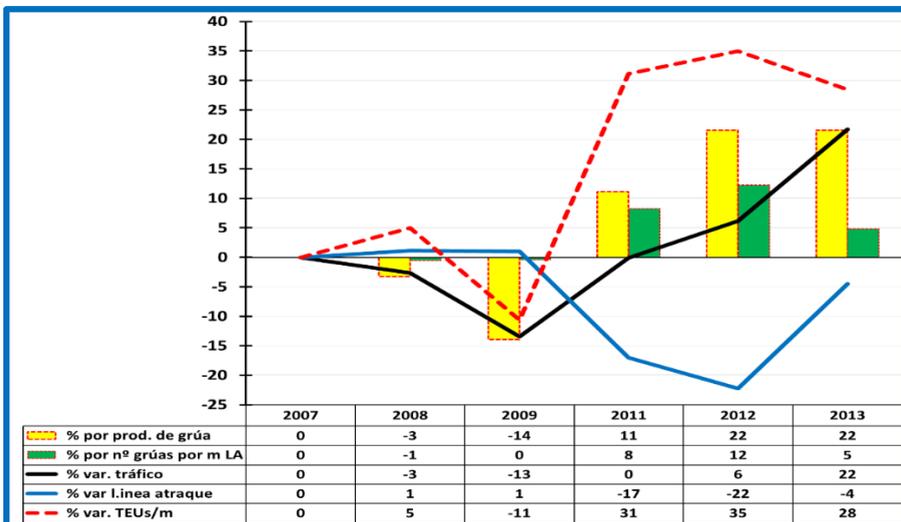
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

**Figura 98: Sureste Asia: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

**Figura 99: Sur de Europa: Mejora de la Productividad de LA (TEUs/m): Causas de la mejora. Variación de la línea de atraque. Evolución 2007-2013. Base 100: año 2007**

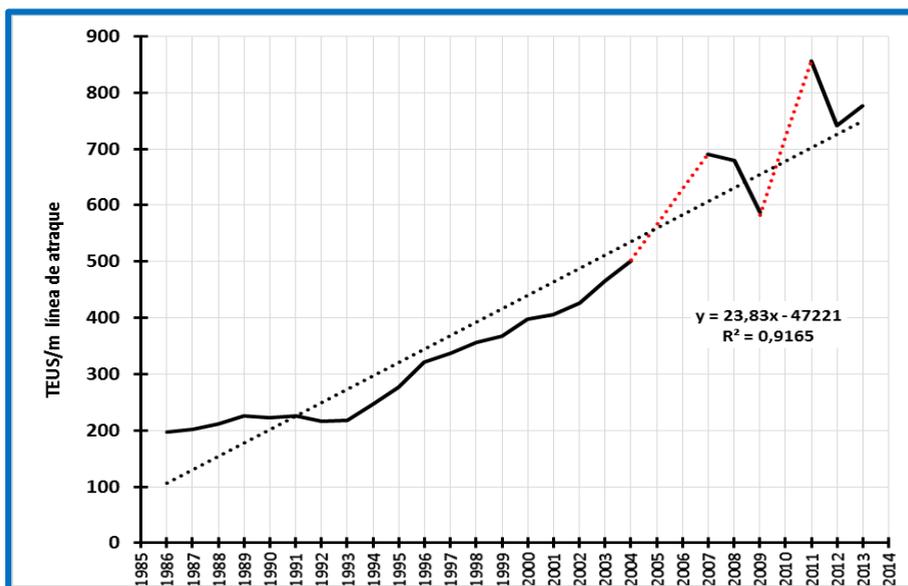


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (2010 Y 2014)

A continuación se plasma, respectivamente la evolución de las TCs europeas en el periodo 1986-2013:

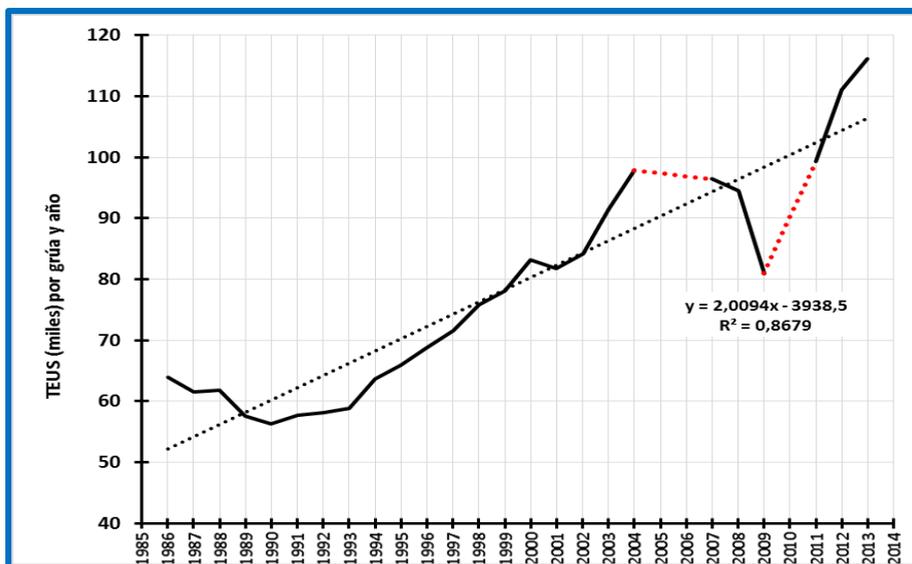
- del tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m) que ha mejorado un 294%, habiendo pasado de 197 TEUs/m a 776 TEUs/m (**Figura 100**),
- de la productividad anual de las grúas (miles TEUs/grúa) que se ha incrementado un 81%, habiendo pasado de 64 mil TEUs por grúa a 116 mil TEUs por grúa (**Figura 101**); y,
- de la distancia entre grúas (intensidad) que ha crecido un 116%, habiendo pasado de 3,1 grúas cada 1.000 m a 6,7 grúas cada 1.000 m (**Figura 102**).

**Figura 100: Europa: Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m)  
Evolución 1986-2013**



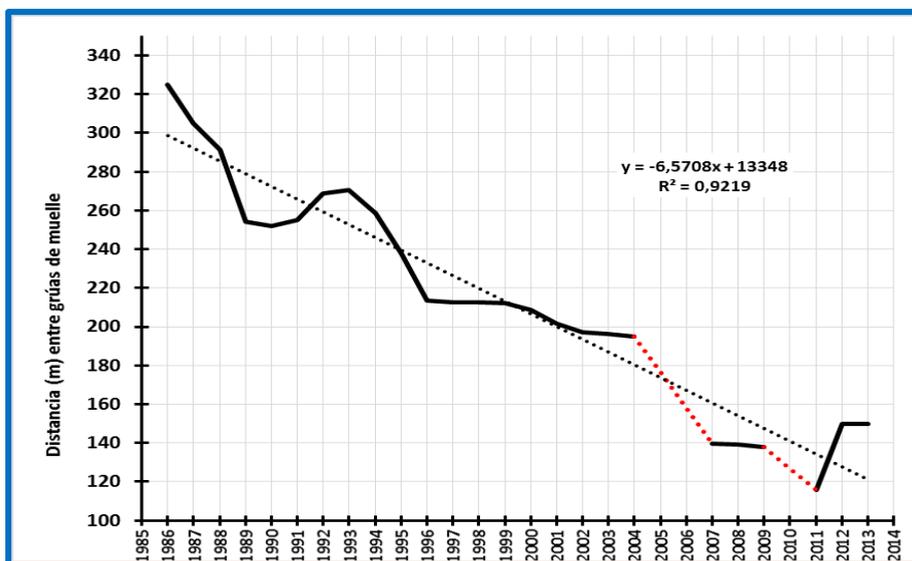
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998 Y 2006) Y DREWRY (2010 Y 2014)

**Figura 101: Europa: TEUs (miles) por grúa de muelle y año. Evolución 1986-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998 Y 2006) Y DREWRY (2010 Y 2014)

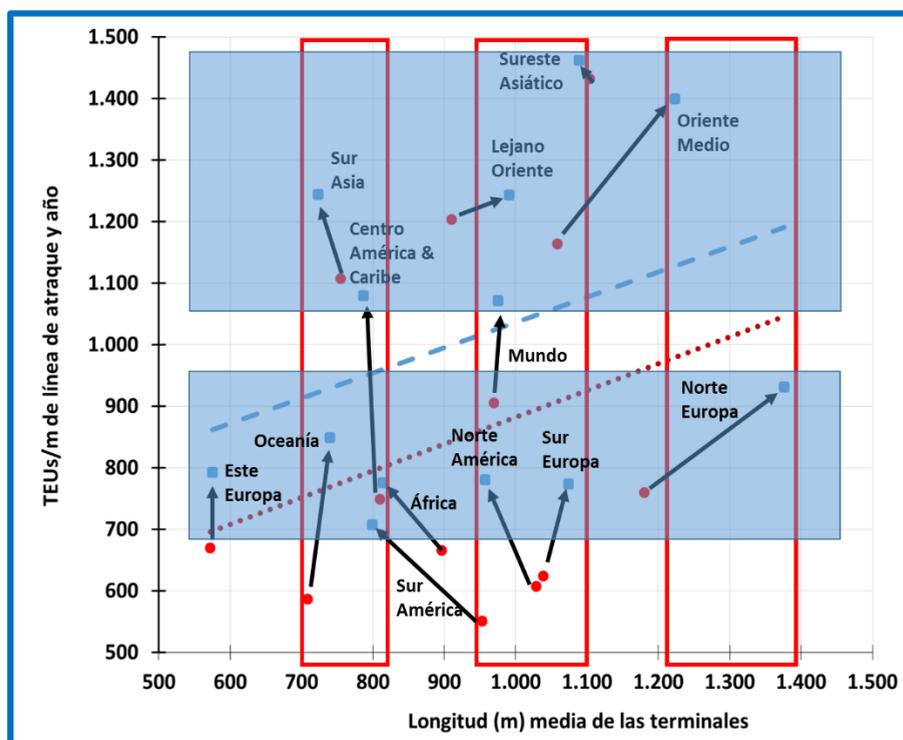
**Figura 102: Europa: Distancia (m) entre grúas de muelle. Evolución 1986-2013**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998 Y 2006) Y DREWRY (2010 Y 2014)

En la **Figura 103** se expresa la evolución 2007-2013 de las áreas geográficas empleando en abscisas el tamaño medio de la línea de atraque de las TCs (en m) y en ordenadas la productividad anual de la línea de atraque. Atendiendo al tamaño medio se han diferenciado tres rangos: 700-800 m, 950-1.100 m y 1.200-1.400 m; y, atendiendo a la productividad anual de la línea de atraque, dos: 700-950 TEUs/m y 1.050-1500 TEUs/m. Todas las áreas de mayor productividad tienen en común altos porcentajes de transbordo lo que supone mayores tamaños medios de escala.

**Figura 103: Evolución 2007-2013 de la longitud media de la línea de atraque (m) y de su productividad por áreas geográficas**

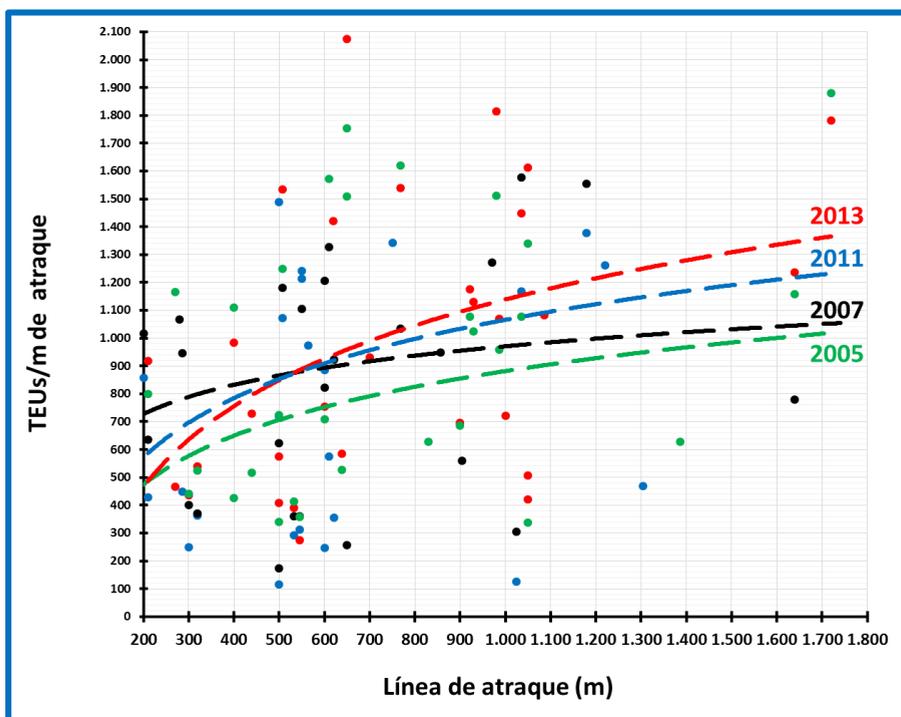


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: OSC (1998 Y 2006) Y DREWRY (2010 Y 2014)

El caso particular de las terminales latinoamericanas viene siendo estudiado en el última década por especialistas de la CEPAL (Doerr y Sánchez, 2006 y Doerr,

2014). A partir de los datos de 30 terminales de contenedores anónimas, facilitados por la CEPAL, se ha construido la **Figura 104** que reafirma la conclusión expresada en la Figura 103 de las áreas de Caribe, Centroamérica y Sudamérica, donde las líneas a trazos son las de tendencia de las respectivas anualidades, que con tamaños de terminal modestos han mejorado significativamente la productividad por línea de atraque de sus TCs. Cabe significar que en el intervalo temporal de análisis se han producido diversos procesos de concesionamiento vinculados a la transformación de puertos *toolport* a *landlord* con el consiguiente proceso de inversión en infraestructuras y superestructuras.

**Figura 104: Productividad media de muelle (TEUs/m) por tamaño de terminal en terminales de contenedores de América Latina y el Caribe 2005-2013**

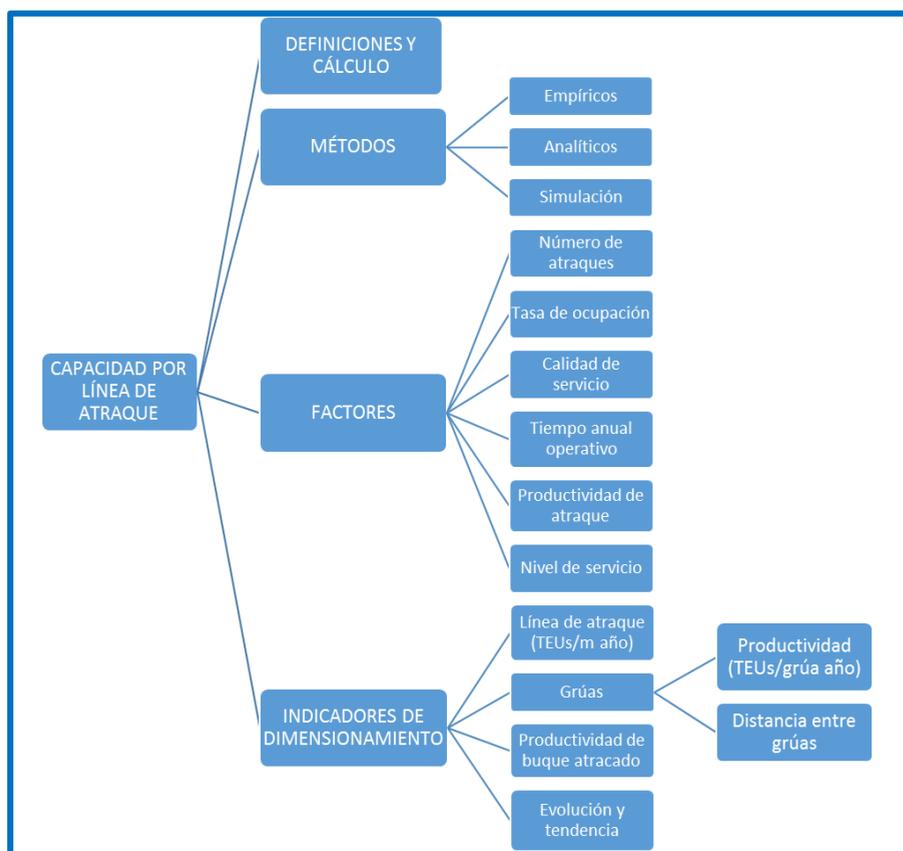


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS FACILITADOS POR CEPAL

## VI.5. Síntesis del capítulo sexto

En este capítulo se ha desarrollado el estado del arte del ámbito conceptual y el cálculo de la capacidad por línea de atraque. Adicionalmente se ha abordado un profundo análisis de la evolución de los indicadores que se emplean en el dimensionamiento y seguimiento de la productividad, capacidad y nivel de servicio de las TCs por línea de atraque. En la **Figura 105** se esquematizan los ítems desplegados.

**Figura 105: Síntesis del capítulo sexto**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## CAPÍTULO VII

# Productividad, nivel de servicio y capacidad de las terminales de contenedores en referencias de planificación y en los contratos de concesión

---

---

En el capítulo presente se aborda la investigación respecto a la productividad, capacidad y nivel de servicio en relación con la TC como sistema es decir para el conjunto de los subsistemas en referencias de planificación y en los contratos de concesión. En el apartado relativo a la síntesis se procede a la segregación para el caso del subsistema de línea de atraque.

## VII.1. Recomendaciones de organismos multilaterales, consultoría y autores

### VII.1.1. Organismos multilaterales

La UNCTAD (1998) al ilustrar un conjunto de indicadores para el contrato de concesión de una terminal de contenedores, tomaba como referencia 300 TEUs por metro lineal en el inicio de la explotación, elevando la meta del indicador a los 500 TEUs/m a partir de los nueve años de vigencia del contrato (**Tabla 43**).

Los 500 y 1.000 movimientos por buque en 24 horas de atraque equivalen a productividades de atraque de 22,83 y 41,67 mov/h. De los indicadores se desprende que se trataría de una terminal de 1.000 m de línea de atraque. La tasa máxima de ocupación se acota entre 45 y 50%.

**Tabla 43: UNCTAD (1998): Ilustración de valores de indicadores de rendimiento para un contrato de terminal de contenedores**

Indicador	< 2 años	3 - 8 años	> 9 años
Tráfico mínimo	350.000 TEUs 300.000 cont.	400.000 TEUs 360.000 cont.	500.000 TEUs 420.000 cont.
Movimientos por buque en 24 horas de atraque	500	750	1.000
Nº TEUs anuales por metro de atraque	300	400	500
Tasa máxima de ocupación	45	45	50
Tiempo (h) de rotación del buque (tp)	24	20	18

FUENTE: UNCTAD (1998)

### VII.1.2. World Bank

Fourgeaud (2000) como consultor del Word Bank, partiendo del trabajo de Drewry (1998), entre otros, sintetiza y propone los indicadores que recoge la **Tabla 44**. Aporta la inclusión del indicador de productividad de atraque del buque segmentando en dos categorías de tamaño de terminales y escalas (TEUs/buque). La tasa de ocupación la sitúa en una horquilla del 40-60%.

**Tabla 44: World Bank (2000): caracterización de indicadores en TCs**

Tamaño atraque	Tamaño escala	Tráfico anual	Productividad atraque buque	Peso TEU	Productividad LA	
m	TEUs/buque	TEUs	TEUs/h	t/TEU	t/m	TEUs/m
250	700	120.000	60-90	12,5	6.000	480
300	1.500	264.000	85-120	12,5	11.000	880

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE FOURGEAUD (2000)

World Bank (2007) aporta un listado de indicadores de operación y financieros a incorporar en los contratos de concesión para el seguimiento de su evolución (**Tabla 45**).

**Tabla 45: Indicadores comunes en los contratos de concesión**

Mediciones de operación	Descripción
Tiempo medio de rotación del buque	Horas totales de los buques en puerto dividido por el número de buques
Tiempo medio de fondeo	Horas totales de fondeo dividido por las horas totales de atraque
Productividad bruta de atraque (buque)	Número de movimientos de contenedor o toneladas dividido por el tiempo total de los buques atracados
Tasa de ocupación de atraque	Tiempo total de buques atracados dividido por el tiempo de atraque disponible
Tiempo de trabajo del tiempo atracado	Tiempo total de trabajo de los buques dividido por el tiempo total de atraque
Tiempo de estancia de la carga	Días de estancia de las cargas en puerto dividido por el número de toneladas
Indicador de productividad de buque	Número de movimientos de contenedor o toneladas dividido por el tiempo total de los buques en el puerto
Toneladas por hora de cuadrilla (mano)	Toneladas totales dividido por las horas-mano empleadas
TEUs por hora de grúa	Tiempo total de trabajo de los buques dividido por el tiempo total de atraque
Toneladas por día de buque	Toneladas de carga dividido por días en puerto
Mediciones de operación	Descripción
Excedente de explotación por tonelada manipulada	Ingresos netos de las operaciones dividido por las toneladas manipuladas
Ingreso por TEU	Ingresos de manipulación dividido por el total de TEUs
Ingresos cobrados sobre facturados	% de ingresos sobre facturación (30 días vista)

FUENTE: WORLD BANK (2007)

Más recientemente, Kruk y Donner (2009), consultores del World Bank se refieren a dos tipologías de terminales de contenedores: grandes (> 1.000 m de línea de atraque) y pequeñas-medianas (500-1.000 metros de LA), caracterizándolas en términos de tasa de ocupación, TEUs/m, TEUs/grúa y TEUs/ha de patio por año (Tabla 46).

**Tabla 46: World Bank (2009): Tipología de terminales de contenedores: caracterización e indicadores**

CARECTERÍSTICAS INDICADORES	TERMINALES GRANDES	TERMINALES MEDIANAS Y PEQUEÑAS
Línea de Atraque (m)	> 1.000	500-1.000
Tasa de ocupación	50-60%	> 60%
Tráfico (TEUs)	> 1.000.000	
Transbordo	> 40%	
TEUs/m año	900-1.300	700-1.000
TEUs/grua año	120.000-140.000	75.000-95.000
TEUs/ha patio año	35.000-45.000	15.000-30.000

FUENTE: WORLD BANK EN KRUK Y DONNER (2009)

### VII.1.3. Consultoría y autores

**Drewry** (1998) introdujo un novedoso esquema para la medición de la capacidad de las terminales de contenedores particularizada para el sistema RTG, empleando una matriz de cuatro filas y tres columnas (**Tabla 47**). Las filas se corresponden con cuatro indicadores operacionales (los antes referidos más el nº de RTGs por grúa de muelle); y, las columnas con tres niveles relacionados con la capacidad:

- En capacidad, “**At capacity terminal benchmark**”, resultado de la media de capacidad de dos modelos conceptuales de terminal de 210.000 (mediana) y 600.000 (grande) TEUs de capacidad que quedan caracterizadas en la **Tabla 48**.
- Regla general, “**Rule of thumb industry benchmark**”, menor que el valor anterior y “más realista” en palabras del consultor.
- Muestra de más de 50 terminales para 1996, “**In practice industry sample**”, resultado medio del tráfico de la muestra de TCs, valor útil para estimar la reserva de capacidad.

**Tabla 47: Drewry (1998): Indicadores operacionales anuales por línea de atraque, superficie y grúas de muelle**

INDICADOR OPERACIONAL	"En capacidad"	"Regla general"	Muestra Tráfico 1996
Tráfico anual por metro de línea de atraque (TEUs/m)	965,5	750	528
Tráfico anual por grúa de muelle (TEUs/grúa)	112.500	105.000	84.161
Tráfico anual por hectárea de patio de almacenamiento (TEUs/ha)	31.875	20.000	17.500
RTGs por grúa de muelle	3,25	3	3

FUENTE: DREWRY (1998)

**Tabla 48: Drewry (1998): Terminales tipo para el cálculo de indicadores en capacidad**

PARÁMETRO DE LA TERMINAL	Terminal mediana	Terminal grande
Longitud de la línea de atraque (m)	250	550
Superficie de la terminal (ha)	8	16
Nº de grúas de muelle	2	5
RTGs por grúa de muelle	3,5	3
Capacidad (TEUs)	210.000	600.000
TEUs por m de línea de atraque	840	1.091
TEUs por grúa de muelle	105.000	120.000
TEUs por ha de terminal	26.250	37.500

FUENTE: DREWRY (1998)

En la misma publicación, Drewry Shipping Consultants situaba el **benchmark de capacidad por línea de atraque** en 750 TEUs/m en el caso de terminales por debajo de los 500 metros de línea de atraque, y en 800 TEUs/m para instalaciones mayores.

El consultor estima la capacidad anual por grúa de muelle a partir de los 2 modelos de terminal (mediana y grande) ya indicados, tomando el valor medio de 112.500 TEUs/año de los correspondientes de 105.000 y 120.000 TEUs/año a las referidas terminales tipo. Cabe señalar que la muestra manejada alcanzaba para este indicador, para 1996, los 84.161 TEUs/año, de modo que las terminales operaban al 75% de la capacidad estimada por grúas de muelle.

De igual manera estima la capacidad por superficie, tomando el valor medio de 31.875 TEUs/ha de 26.250 TEUs/ha y 37.500 TEUs/ha. Cabe señalar que la muestra manejada alcanzaba para este indicador, para 1996, los 17.500 TEUs/ha, de modo que las terminales operaban al 55% de la capacidad estimada por superficie.

En la misma publicación, el consultor, empleando la relación de la **Figura 66**, modeliza cuatro categorías de terminales con productividades de atraque de 14, 19,5, 24,9 y 30,4 cont/h, correspondientes a 25, 50, 75 y 100% de la manipulación de la capacidad del buque y tres tamaños de terminal, de 250, 500 y 750 m. Calcula la capacidad anual correspondiente, asignando tasas de ocupación del 60, 70 y 85% según el tamaño de la terminal.

En la **Tabla 49** se resumen los resultados del correspondiente modelo de capacidad de TCs de Drewry (1998).

**Tabla 49: Drewry (1998): Capacidad anual de TCs en función de la longitud de atraque (m) y de la productividad de atraque (cont/h)**

			Capacidad anual (Contenedores)			
Línea de atraque	Tasa de ocupación	Puestos	Productividad de buque atracado (P, cont/h)			
			14	19,5	24,9	30,4
250	60%	1	73.000	102.000	131.000	160.000
500	70%	2	171.000	239.000	306.000	373.000
750	85%	3	312.000	434.000	557.000	679.000
			Capacidad anual (Cont/m atraque)			
Línea de atraque	Tasa de ocupación	Puestos	Productividad de buque atracado (P, cont/h)			
			14	19,5	24,9	30,4
250	60%	1	292	408	524	640
500	70%	2	342	478	612	746
750	85%	3	416	579	743	905
			Capacidad anual (TEUs/m atraque)			
Línea de atraque	Tasa de ocupación	Puestos	Productividad de buque atracado (P, cont/h)			
			14	19,5	24,9	30,4
250	60%	1	438	612	786	960
500	70%	2	513	717	918	1.119
750	85%	3	624	868	1.114	1.358

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (1998)

En el año 2002 y de nuevo en los años 2010 y 2014, Drewry revisaba los benchmarks de capacidad acotándolos en el rango entre 800 y 1.700 TEUs por metro de línea de atraque y año, en función del tamaño de la terminal (longitud de la línea de atraque) y de las características del tráfico servido (regularidad, import/export o transbordo, etc.) (Tabla 50).

**Tabla 50: Drewry (2002): Capacidad de TCs por línea de atraque (metro lineal y año) en función del tamaño de la terminal y de la caracterización del tráfico**

CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO	TAMAÑO DE LA TERMINAL			
	Pequeña 250 m 500 m	> <	Mediana > 500 m < 1000 m	Grande > 1000 m
Escalas muy programadas Terminal dedicada. Transbordo >50%	1.300		1.600	1.700
Terminal pública. O/D terrestre >67% Alta tasa de ocupación de muelle	1.000		1.200	1.500
Terminal pública. O/D terrestre >67% Alta tasa de ocupación de muelle	800		1.000	1.200

FUENTE: DREWRY (2002, 2010 Y 2014)

Más recientemente, Drewry (2010) introdujo la matriz de la **Tabla 51** que permite el dimensionamiento de terminales de contenedores de RTG como equipo de patio con la capacidad anual variando entre 250.000 y 5.000.000 de TEUs.

**Tabla 51: Drewry (2010): Capacidad teórica de TCs. Tipología equipamiento de patio RTG**

Annual Capacity (teu)	Quay Length (m)	Quay Cranes	Yard Area (ha)	RTGs	Empty Container Handlers	Internal Movement Vehicles (IMVs)	Trailers
250,000	250	2	3.3	4	1	7	9
500,000	375	3	6.6	8	2	14	17
750,000	500	4	9.9	13	3	22	26
1,000,000	625	5	13.2	17	5	29	34
1,250,000	750	7	16.5	21	6	36	42
1,500,000	875	8	19.8	25	7	43	51
1,750,000	1000	9	23.1	29	8	51	59
2,000,000	1125	10	26.4	33	9	58	67
2,250,000	1250	11	29.7	38	10	65	76
2,500,000	1375	13	33	42	12	72	84
2,750,000	1500	14	36.3	46	13	80	92
3,000,000	1325	15	39.6	50	14	87	101
3,250,000	1750	16	42.9	54	15	94	109
3,500,000	1875	17	46.2	59	16	101	117
3,750,000	2000	19	49.5	63	17	109	126
4,000,000	2125	20	52.8	67	19	116	134
4,250,000	2250	21	56.1	71	20	123	142
4,500,000	2375	22	59.4	75	21	130	151
4,750,000	2500	24	62.7	79	22	138	159
5,000,000	2625	25	66	84	23	145	167

Note: Assumes RTG blocks are full and stacked five high for 100% of the time, and that churn of boxes happens instantaneously.  
Factors such as space between blocks for roadways not included.

FUENTE: DREWRY (2010)

Los correspondientes modelos de 1998 y 2002 (vigente en 2014) son objeto de análisis en la presente tesis en el epígrafe VIII.1.5.

Ashar (2009) presenta en el TOC (Terminal Operations Conference) América celebrado en Buenos Aires un modelo de dimensionamiento de TCs en el contexto de una alternativa a la planificación de los puertos centrales de Chile (**Tabla 52**). El modelo discrimina por tamaño de buque y tamaño de terminal (3/4 puestos de atraque).

**Tabla 52: Ashar (2009): Tipología de atraques y capacidad anual por metro**

Tipo de atraque	Buque de diseño	Longitud puesto atraque	Puestos de atraque (n)	Longitud LA	Capacidad anual		
					Por puesto atraque	Terminal	Línea atraque
	(TEUs)	(m)	(Ud)	(m)	(TEUs)	(TEUs)	(TEUs/m)
Sub Panamax	3.000	250	3	750	350.000	1.050.000	1.400
Panamax	4.500	280	3	840	450.000	1.350.000	1.607
Post Panamax I	5.700	300	3	900	500.100	1.500.300	1.667
Panamax	4.500	280	4	1.120	495.000	1.980.000	1.768
Post Panamax I	5.700	300	4	1.200	550.000	2.200.000	1.833
Post Panamax II	8.000	350	4	1.400	700.000	2.800.000	2.000
Post Panamax III (New Panamax)	12.000	400	4	1.600	1.000.000	4.000.000	2.500

FUENTE: ASHAR (2009)

Kent (Nathan Associates) y Ashar (2010) aportan un conjunto de indicadores de productividad con sus valores (**Tabla 53**) e introducen varias novedades respecto a las aportaciones anteriores:

1. Valores para los indicadores de las operaciones de recepción y entrega;

2. Productividades de atraque de buque en función del tamaño de las escalas (mov/escala); y,
3. Una definición de niveles de servicio, tanto para el subsistema de carga y descarga de buques como para el de recepción y entrega.

**Tabla 53: Kent (Nathan Associates) y Ashar (2010): Recomendaciones sobre productividad y niveles de servicio**

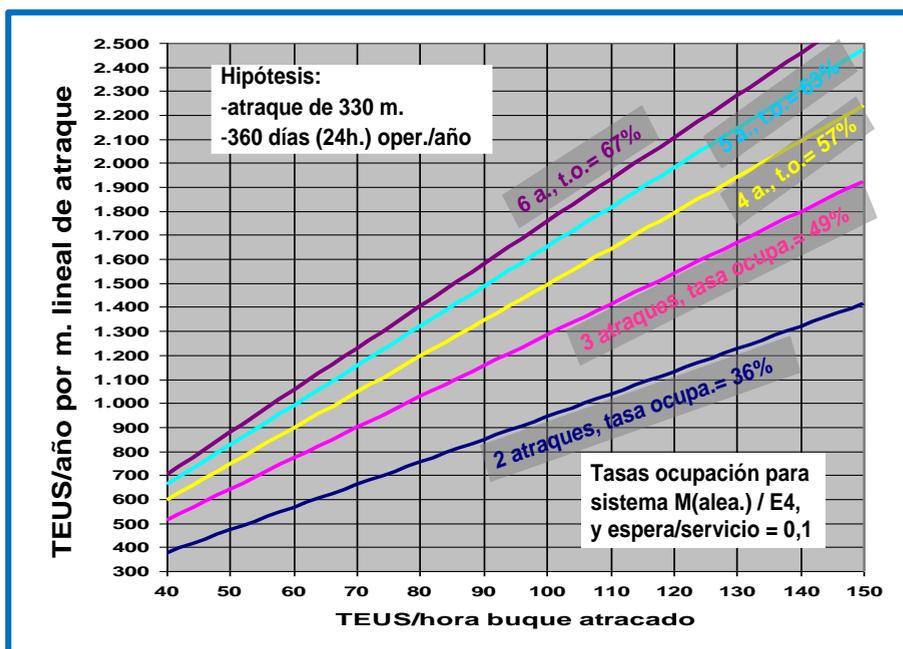
Indicador	Subdivisión	Unidad	Nivel de servicio		
			Óptimo	Aceptable	Inaceptable
<b>Productividad</b>					
Productividad neta de atraque (tiempo neto de atraque)	>1.000 mov/escala	>1.000 mov/escala	>80	60-80	<60
	500-1.000 mov/escala	500-1.000 mov/escala	>50	35-50	<35
	<500 mov/escala	<500 mov/escala	>25	20-25	<20
Productividad neta de grúa	Pórtico	mov/hora	>30	25-30	<25
	Móvil	mov/hora	>25	20-25	<20
	Buque	mov/hora	>15	10-15	<10
Productividad línea de atraque	Anual	TEU/m	>1250	750-1.250	<750
<b>Tiempos de espera</b>					
Espera buques	Contenedores	hora	<2	2-4	>4
	Graneles	hora	<4	4-12	>12
Cola R/E camiones	Contenedores	hora	<0,5	0,5-1	>1
	Graneles	hora	<2	2-4	>4
R/E en terminal	Contenedores	hora	<0,5	0,5-1	>1
	Graneles	hora	<2	1-2	>2

FUENTE: MONFORT ET AL (2011B) ADAPTADO DE KENT Y ASHAR (2010) A LA NOMENCLATURA DE LA TESIS; VALORES ORIGINALES

Monfort et al (2011b), tras abordar la caracterización de las distribuciones de las llegadas y de servicio de las TCs a partir de un conjunto de éstas, propusieron el modelo de cálculo de la capacidad por línea de atraque a partir de la productividad por línea de atraque que resulta para un tamaño de puesto de atraque (variable), de la productividad de atraque (P), de la referida distribución de llegadas y de servicios, y para distintas calidades de servicio (tiempo de

espera/tiempo de servicio). En la **Figura 106** se ilustra el caso de un sistema M/E4/n, ataques de 330 m y calidad de servicio de 0,1, todas ellas características comunes en la determinación de la capacidad de TCs. Resulta evidente la no linealidad de la capacidad en función del número de ataques por el efecto de las distintas tasas de ocupación admisibles para alcanzar la calidad de servicio indicada.

**Figura 106: Capacidad anual de la Línea de atraque (TEUs/m) en función de la productividad de atraque (P)**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

## VII.2. Referencias nacionales de instituciones y autoridades portuarias

### VII.2.1. Sistema portuario de Australia

El sistema portuario australiano además de precursor en la materia viene siendo uno de los de los más activos en el seguimiento y control del rendimiento de sus puertos.

A finales de 1989 se publicó por parte de la Waterfront Industry Reform Authority (WIRA) la primera serie de indicadores que tenía el propósito de ilustrar los avances de las negociaciones entre las empresas estibadoras, los sindicatos de portuarios y el gobierno. El programa de publicación trimestral de los indicadores quedó abortado en octubre de 1992 por desacuerdo entre las partes. A partir de esa fecha entró en escena una agencia especializada en transporte de la Commonwealth: el Bureau of Transport and Communications Economics (BTCE, posteriormente denominada BTE). La BTE fue requerida por el Parlamento a elaborar un boletín semestral con indicadores de costes del paso de las mercancías por los puertos, dando a luz al Boletín “Waterline” que incorporaba un completo esquema de indicadores de los servicios portuarios (**Tabla 54**). En el año 2002, la BTE pasó a denominarse BTRE (Bureau of Transport and Regional Economics).

Paralelamente, el Bureau of Industry Economics (BIE) acometía sendos informes de *benchmarking* internacional sobre productividad portuaria en 1993 y 1995, y asimismo la Productivity Commission en 1998, empleando ambas organizaciones mediciones de productividad distintas de las del BTE al objeto de poder realizar comparaciones en el ejercicio de *benchmarking* internacional.

También, la *Australian Competition & Consumer Commission* (ACCC) puso en marcha el monitoreo anual en 1998-99, realizando el seguimiento de las tarifas, costes y beneficios de las empresas estibadoras de las terminales de contenedores de los puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney. El correspondiente documento anual, que emplea datos e información elaborada por el BTRE, proporciona al gobierno y a la sociedad datos e

información del rendimiento operacional y la productividad, el nivel de competencia y de las inversiones en el sector.

**Tabla 54: SP Australia: Indicadores del Boletín *Waterline***

Indicators	Definition	Data providers
<b>Stevedoring productivity</b>		
Elapsed rate	A ship productivity measure. The number of containers or teus moved per elapsed hour. Elapsed time is the total time the ship is worked, measured from labour aboard to labour shore.	Stevedores
Net rate	A ship productivity measure. The number of containers or teus moved per net hour. Net time is the elapsed time minus time unable to work the ship due to award shift breaks, ship's fault, weather, awaiting cargo, industrial disputes, closed holidays, or shifts not worked at the ship operator's request.	Stevedores
Crane rate	A crane productivity measure. The number of containers or teus moved per net crane hour. In theory, dividing the net rate by the crane rate provides a measure of crane intensity. However, due to the way some stevedores calculate crane time, it is possible to have crane intensities slightly less than one.	Stevedores
Elapsed time not worked	A ship productivity measure, calculated as the difference between the net and elapsed rates as percentage of the net rate.	Stevedores
<b>Waterfront reliability</b>		
Berth availability	The proportion of ship arrivals where a berth is available within four hours of the scheduled berthing time.	Shipping lines
Pilotage	The proportion of ship movements where the service is available within one hour of the confirmed ship arrival/departure time.	Shipping lines
Towage	The proportion of ship movements where the service is available within one hour of the confirmed ship arrival/departure time.	Shipping lines
Other ship waiting time	Proportion of ship movements affected by factors other than the unavailability of a berth, pilot or towage causing a delay of one hour or more.	Shipping lines
<b>Stevedoring reliability</b>		
Stevedoring completion	A partial indicator of the accuracy with which stevedoring time is predicted.	Stevedores
Stevedoring rate	A partial indicator of the variability of stevedoring productivity at each port, defined as the proportion of ship visits where the average crane rate for the ship is within two containers per hour (plus or minus) of the quarterly average crane rate for the terminal.	Stevedores
Cargo receipt	The proportion of receipts (exports) completed by the stevedore's cut-off time.	Stevedores

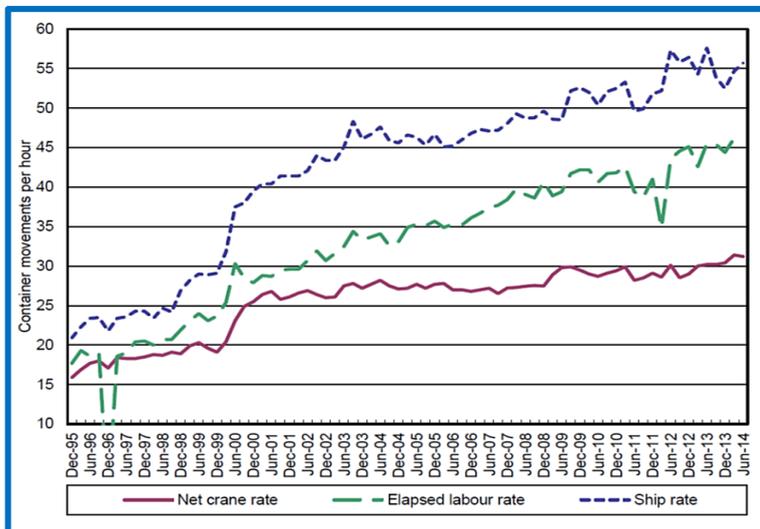
FUENTE: HAMILTON, C. (1999)

### VII.2.1.1. Productividad por línea de atraque

Para expresar la productividad de la línea de atraque se emplean tres indicadores: la productividad neta de grúa (“*net crane rate*”), la productividad de la cuadrilla (“*elapsed labour rate*”) y la productividad neta de buque (“*ship rate o net rate*”).

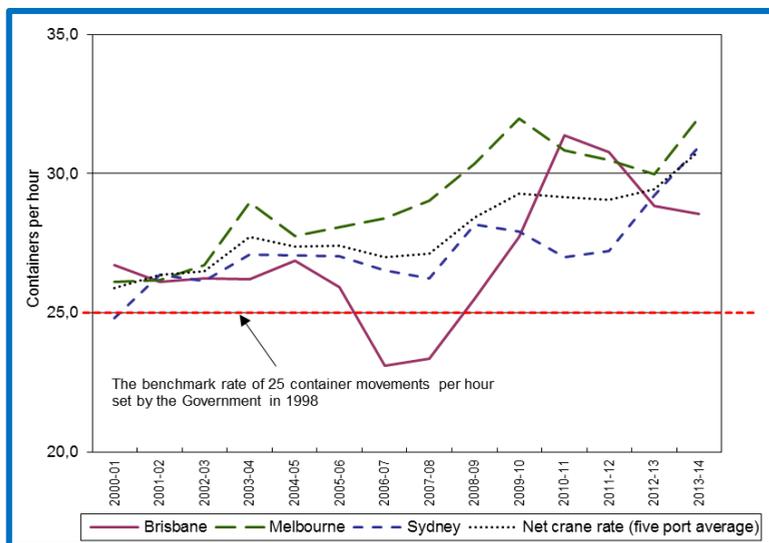
La productividad neta de grúa media de los 5 puertos antes referidos ha pasado de los 19,6 cont/h en 1998-99 a 30,8 cont/h en 2013-2014 (**Figura 107**). En tal gráfico se observa que los criterios de medición variaron a partir de 1998-99. Por otro lado, en la **Figura 108** se plasma el detalle de cada uno de los puertos en relación con el referencial gubernamental de 25 cont/h (aprobado en el paquete de la reformas de portuaria de 1998) que sólo es incumplido por el Puerto de Brisbane en el arranque y puesta en explotación (2005-2009) de su ambicioso proyecto de automatización del sistema con straddle carrier, único en servicio en el mundo.

**Figura 107: SP Australia: Evolución 1995-2014 de la productividad de atraque del SPA: media de los puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney**



FUENTE: AUSTRALIAN COMPETITION & CONSUMER COMMISSION (2014)

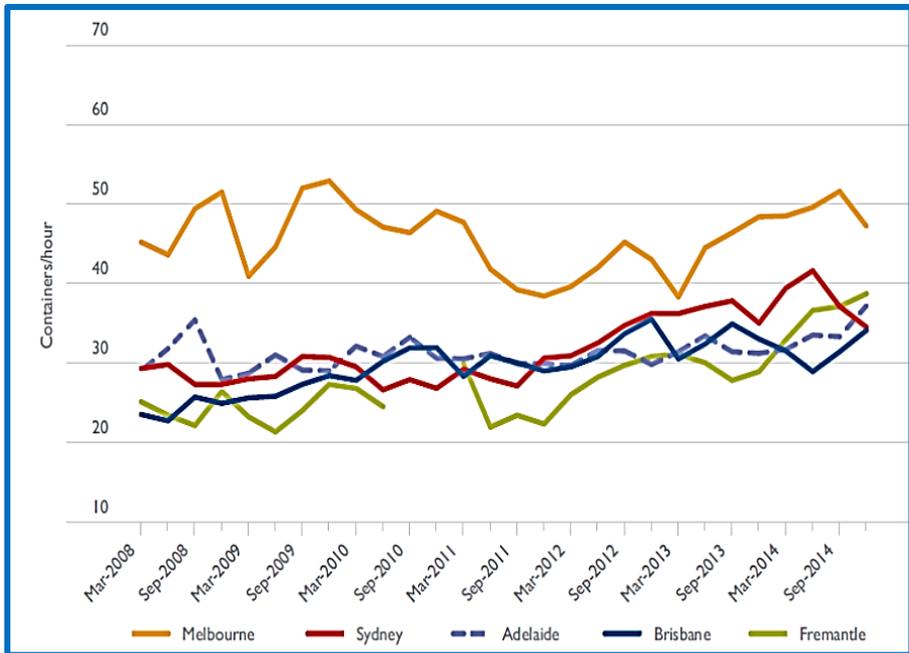
**Figura 108: SP Australia: Evolución 2000-2014 de la productividad neta de grúa SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne, Sydney y media de los 5**



FUENTE: AUSTRALIAN COMPETITION & CONSUMER COMMISSION (2014)

Más recientemente se ha empezado a manejar el indicador de **productividad bruta de atraque (buque)**. En la **Figura 109** se recoge la productividad bruta de atraque 2008-2014 en la que destaca el Puerto de Melbourne respecto a los otros cuatro puertos. Si bien se advierte en los dos últimos años un repunte en los puertos de Fremantle, Sydney y Melbourne, los valores son relativamente estacionarios en la serie, salvo en el caso de Sydney que crece, aparentemente como consecuencia de la mejora en la productividad neta de grúa.

**Figura 109: SP Australia: Evolución 2008-2014 de la productividad bruta de atraque (cont/h atraque buque) en el SPA: Puertos de Adelaide, Brisbane, Fremantle, Melbourne y Sydney**



FUENTE: BITRE (2015)

## VII.2.2. Sistema portuario de Canadá

Transport Canadá lanzó en el año 2008 el Proyecto “Port Utilization Indicators”. En su primera fase, 2008-2009, implementó en los cuatro puertos principales de tráfico contenedorizado (Vancouver, Prince Rupert, Montreal y Halifax) un conjunto de 9 indicadores (Tabla 55). En la segunda fase, 2010-2011, amplió el alcance al tráfico de graneles incorporando tres nuevos indicadores. En la fase final, 2011-2012, se completó el número de puertos participantes y se abordó un ejercicio de *benchmarking* internacional alcanzado la conclusión de que la

práctica del manejo de KPIs en el sector está poco extendida y la información se encuentra muy fragmentada.

**Tabla 55: SP Canadá: indicadores de utilización de los puertos**

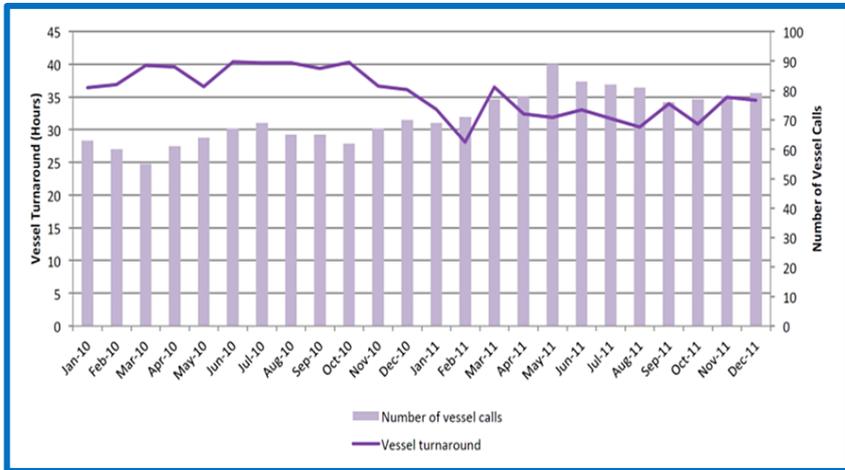
Indicador	Unidad
Tiempo medio de rotación del buque - 1	Segundos/TEU
Tiempo medio de rotación del buque - 2	Horas
Utilización de atraque	TEUs/ml atraque
Tiempo medio de rotación del camión	Minutos
Indicador de congestión de puertas	Índice
Tiempo de estadia medio del contenedor	Días
Tamaño medio de la escala	TEUs/buque
Productividad bruta puerto (superficie)	TEUs/ha brutas
Productividad de las grúas	TEUs/grúa

FUENTE: TRANSPORT CANADÁ (2010)

Cabe subrayar el empleo de dos indicadores para el tiempo de rotación de los buques; el clásico en horas (**Figura 110**) y otro que es más bien una medición de productividad en puerto expresada en segundos/TEU. La productividad de buque en puerto en el año 2011 para el conjunto de los puertos de Prince Rupert y Vancouver fue de 95,1 TEUs por hora en puerto, mejorando los 87,8 obtenidos en 2009 (**Figura 111**). Los puertos de Prince Rupert y Vancouver ocuparon, respectivamente la séptima y la décima posición en el ranking de productividad de JOC para América, alcanzando una productividad en 2013 de 72 y 68 mov/h de buque atracado.

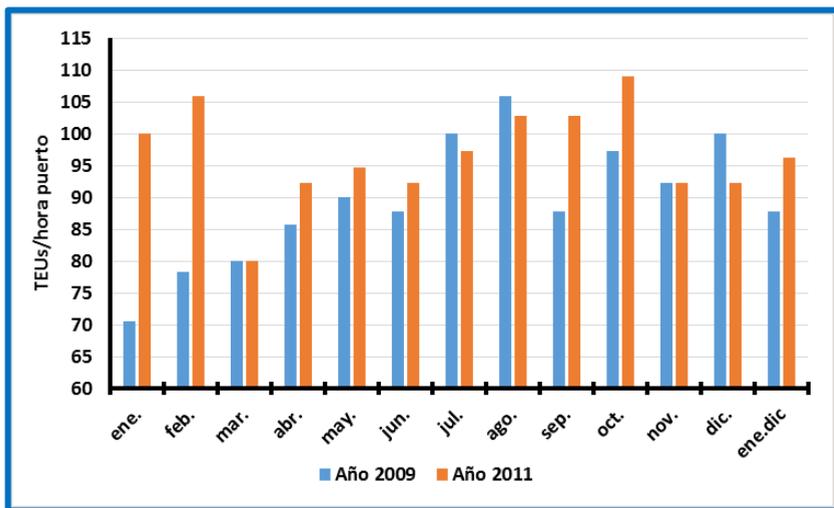
Finalmente en la **Figura 112** se relaciona el tamaño medio mensual de las escala (TEUs/escala) con la productividad en puerto (TEUs/h puerto). Tanto el tamaño de las escalas que supera los 3.000 TEUs como la productividad alcanzada, en torno a 100 TEUs/h puerto, presentan valores bastante elevados.

**Figura 110: Vancouver y Prince Rupert: evolución del tiempo de rotación y del nº de escalas. Años 2010-2011**



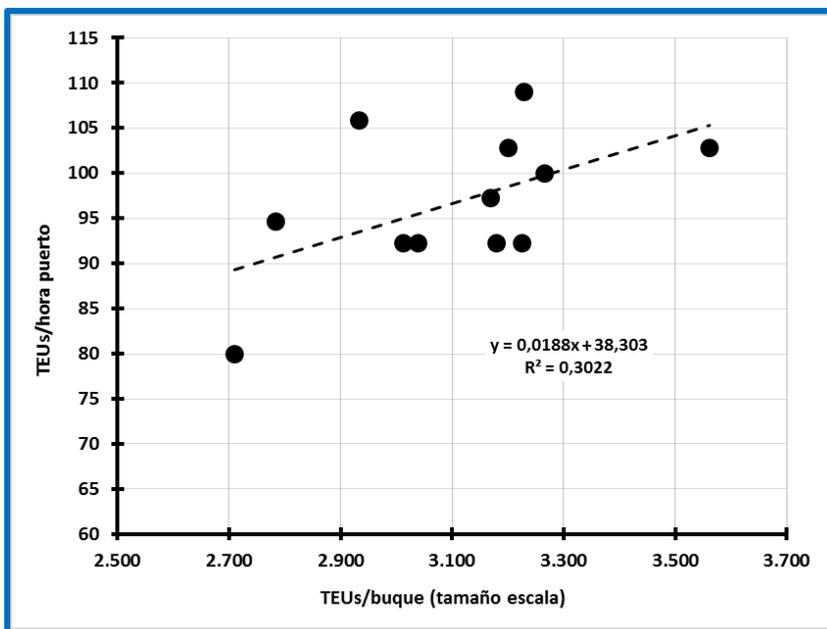
FUENTE: TRANSPORT CANADÁ (2012)

**Figura 111: Vancouver y Prince Rupert: evolución de la productividad en puerto. Año 2011**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: TARDIFF (2010) Y THIVIERGE (2012) DE TRANSPORT CANADÁ

**Figura 112: Vancouver y Prince Rupert: Productividad en puerto (mensual) en función del tamaño medio mensual de las escalas. Año 2011**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: THIVIERGE (2012) DE TRANSPORT CANADÁ

### VII.2.3. Sistema portuario de Costa Rica

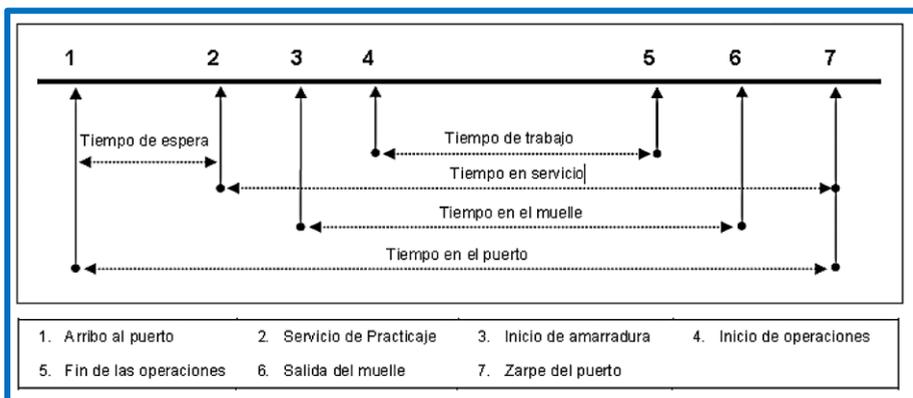
Con motivo de la licitación del concesionamiento de la terminal de contenedores de Puerto Moín se desarrollaron los correspondientes Términos de Referencia que incorporan los criterios en la materia referidos a la medición de la calidad de servicio en la instalación. Finalmente el contrato se suscribió en el año 2012 con APM Terminals.

### VII.2.3.1. Parámetros de medición de la calidad del servicio

El principal indicador que se emplea para evaluar la gestión del concesionario es la **relación tiempo de espera/tiempo de servicio** por buque atendido que no debe ser superior a un 10%, de modo que si el tiempo medio de servicio es de 10 horas, el tiempo medio de espera en bahía no debe ser superior a una hora.

Los referidos tiempos se contabilizan de acuerdo con la desagregación plasmada en la **Figura 113**: El tiempo de espera comienza al arribo al puerto del buque (punto 1), y termina cuando el práctico aborda el buque (punto 2). El tiempo de servicio se contabiliza a partir del momento en que practico aborda el buque (punto 2) hasta que se da el zarpe del buque (punto 7). El tiempo de atraque es equivalente al tiempo de trabajo, el cual se contabiliza, una vez recibida la libre plática o autorización para proceder por parte de las autoridades competentes del país, a partir del inicio de las operaciones (punto 4) hasta el fin de las operaciones (punto 5). El tiempo en el muelle se contabiliza a partir del encapillamiento de la primera amarra (punto 3) hasta que se suelta la última amarra (punto 6). El tiempo en el puerto se contabiliza como la suma del tiempo de espera (punto 1) más el tiempo de servicio (punto 7).

**Figura 113: SP Costa Rica: Desagregación de tiempos para el cálculo del tiempo de espera (Puerto Moín)**



FUENTE: COSTA RICA (2012)

En relación con la productividad de grúa se exige:

- Un rendimiento mínimo efectivo de 26 mov/hora buque atracado /grúa en el primer año de operaciones.
- Un rendimiento mínimo efectivo de 28 mov/hora buque atracado /grúa en el segundo año de operaciones.
- Un rendimiento mínimo efectivo de 30 mov/hora buque atracado /grúa en el tercer año de operaciones.
- Un rendimiento mínimo efectivo de 31 mov/hora buque atracado /grúa en el cuarto año de operaciones.
- Un rendimiento mínimo efectivo de 32 mov/hora buque atracado /grúa en el quinto año de operaciones.
- A partir del sexto año de operaciones un rendimiento mínimo efectivo de 35 mov/hora buque atracado /grúa.

Se entiende por rendimiento mínimo efectivo, la productividad mínima neta que el Concesionario se obliga a cumplir, conforme con el referido cálculo y valores. El período de tiempo para calcular esta productividad es el que transcurre entre el primer movimiento de contenedor hasta el último, incluyendo los descansos, menos las suspensiones originadas por causas ajenas al Concesionario, promediado para cada buque que arribe durante un periodo de referencia de un mes.

En el contrato se contempla la obligación de elaborar un **Informe de Estadísticas Portuarias**, a través de un modelo estadístico y mediante informes gerenciales escritos y en versión digital. Debe suministrarse el reporte de número de barcos, eslora, tonelaje de registro bruto, tonelaje de carga movilizado de importación y exportación, número de contenedores movilizados y sus equivalente en TEUs y sus rendimientos por hora, por línea naviera, tasas de ocupación y tiempos de espera y de estadía de los barcos en los diferentes puesto de atraque, origen y destino de la carga por puerto y país, y cualquier otra información solicitada por la Administración Concedente u Órgano de Control, o sugerida por el Concesionario.

#### VII.2.4. Sistema portuario de Ecuador

El Puerto de Manta fue otorgado en concesión al Grupo Hutchison Ports en el año 2006. Después de tres años, la concesión fue rescatada por el gobierno ecuatoriano. En el artículo 2.4, del correspondiente Contrato (Autoridad Portuaria de Manta, 2006), bajo el título de “Productividad mínima a comprometer en la Concesión”, se recogía que:

*“Para estimar la capacidad de los muelles se ha considerado que las productividades netas mínimas a lograr en la operación de la Concesión serán:*

*Grúa móvil (MC) 15 cont/h y gancho o 70.000 TEUs/año*

*Grúa de Pórtico (QC) 30 cont/h y gancho o 120.000 TEUs/año*

*Esta productividad se considerará como un compromiso contractual de eficiencia mínima y se medirá para su control en cifras medias anuales, para períodos de doce meses desde instaladas las correspondientes grúas. En caso de instalarse grúas que posean una mayor eficiencia nominal, estas cifras se ajustarán con los documentos oficiales del constructor de las grúas.*

*Para estimar la capacidad del patio, se ha considerado que desde el inicio de operaciones la Terminal estaría equipada con grúas de pórtico sobre ruedas tipo RTG, respaldadas con cargadores frontales tipo Reach Stacker (RS) para contenedores llenos y Empty Handlers (EH) para contenedores vacíos, con lo que se deberá alcanzar una productividad en patios de 15.000 a 25.000 TEUs/Ha y año. El Concesionario podrá modificar los equipos de movilización en patios, de acuerdo con su modelo operativo; pero deberá cumplir, como mínimo, con esta productividad para poder asegurar las capacidades del puerto con la superficie derivada de las inversiones que se han programado.”*

#### VII.2.5. Sistema portuario de titularidad estatal de España

El Texto refundido de la LPMM impulsa la mejora y eficiencia de los servicios al transporte y comercio a través de la certificación de servicios que se emplea como instrumento que objetiva las bonificaciones en las tasas portuarias. Así, el

artículo 245.2 establece una bonificación en la tasa a la actividad para los prestadores de servicios portuarios, o titulares de una concesión o autorización de terminal marítima de mercancías, o de estaciones marítimas, que dispongan de una certificación de servicios obtenida sobre la base de los **Referenciales de Calidad de Servicio** aprobados por Puertos del Estado o por una Autoridad Portuaria en el desarrollo de los mismos. La certificación de servicios debe ser emitida por una entidad de certificación acreditada por ENAC conforme a la Norma UNE-EN-45011.

### **VII.2.5.1. Referencial de calidad de servicio para el tráfico de contenedores**

Según PDE (2012) el Referencial de Servicio debe establecer el nivel de servicio que puede esperar el cliente (características de calidad de servicio) y los aspectos que deben comprobarse a efectos de poder asegurar el cumplimiento de las características. PDE elabora un Referencial general que luego se especifica a nivel de Autoridad Portuaria.

### **Puertos del Estado: Referencial de Calidad de Servicio**

#### **Aprovechamiento del espacio portuario concesionado: aprovechamiento atraques**

*Mantenimiento de la productividad y rendimiento de forma que: el **número de movimientos por buque y hora** no baja más de un 2% sobre la media de los 2 últimos años, ni en import ni en export ni transbordo.*

## **Autoridades Portuarias**

### **Caso Autoridad Portuaria de Valencia**

#### **Eficiencia operativa**

*Se cumplen, al menos, los valores de los siguientes indicadores de productividad (netos):*

- *En operativa de recepción/entrega: el tiempo medio entre entrada y salida por puertas de un camión no supera un máximo de 45 minutos. El operador evitará la formación de colas, para lo cual como mínimo deberá garantizar una rotación de 100 camiones a la hora.*
  
- *En operaciones marítimas:*
  - *En terminales que manipulen más de 1 millón de TEUs: 22 cont/hora (cómputo medio al mes)*
  
  - *En terminales que manipulen menos de 1 millón de TEUs: 18 cont/hora (computo medio al mes)*

#### **VII.2.5.2. Autoridad Portuaria de Valencia: Concesión Terminal Pública de Contenedores**

En los términos de referencia de la licitación de la Terminal Pública de Contenedores de la Ampliación Sur del Puerto de Valencia (APV, 1996) se recogía la obligación de instalar una nueva grúa de muelle por cada 90.000 TEUs y un RTG por cada 45.000 TEUs de incremento de tráfico a partir de 500.000 TEUs anuales.

A finales del año 2013, el Consejo de Administración de la APV revisó la cláusula relativa a la inversión en grúas de muelle acordando finalmente la *“instalación de una grúa por cada incremento de tráfico de 90.000 contenedores (si el nº de*

*contenedores por jornada es inferior a 145) o de 110.000 contenedores (si el nº de contenedores por jornada es mayor a 145 contenedores por jornada)”.*

### **VII.2.5.3. Autoridad Portuaria de Barcelona: concesión terminal muelle Prat**

En los términos de referencia de la licitación del Muelle Prat en el Puerto de Barcelona (APB, 2006), para una terminal de 1.500 metros de línea de atraque y 30 años de plazo, se contemplaba textualmente que *“los rendimientos mínimos que deben conseguirse a lo largo de todo el periodo de explotación:*

- 1. Al alcanzar la capacidad máxima del atraque, el rendimiento que se obtenga de la línea de atraque debe ser superior a los **1.350 TEU por metro lineal de muelle y año.***
- 2. Al alcanzar la capacidad máxima de la superficie, se debe conseguir una capacidad de almacenamiento por encima de los 750 TEU por hectárea de área de depósito (excluyendo la zona de maniobra, terminal ferroviaria y otros espacios no directamente destinados al almacenamiento y operativa de recepción/expedición de contenedores). La capacidad resultante no será inferior a 2.000.000 TEU/año”.*

### **VII.2.6. Sistema portuario de los Estados Unidos de América**

En USA, el Committee on Productivity of Marine Container Terminals (1986) a instancias de la MARAD se enfrentó con la mejora de la productividad de las terminales marítimas de contenedores. Se identificaron 9 indicadores que fueron oportunamente definidos al objeto de que se constituyesen en herramienta de gestión de la productividad (**Tabla 56**).

Tabla 56: SP USA: Mediciones de productividad

Elemento de la terminal	Medida de Productividad	
Grúas	Productividad neta de grúa	movs/horas brutas de mano-paradas
	Productividad bruta de grúa	movs/horas brutas de mano
Atraque	Utilización neta de atraque	turnos anuales/nº atraques
Patio	Tráfico anual de patio por superficie	TEUs/nº acres
	Productividad de patio	Capacidad TEUs/superficie neta
Puertas	Tráfico neto por puerta	contenedores/h por puerta
	Tráfico bruto por puerta	mov/hora equipo por puerta
	Rotación media camión	tiempo total/nº de camiones

FUENTE: COMMITTEE ON PRODUCTIVITY OF MARINE TERMINALS (1986)

El trabajo del Comité quedó acotado a la identificación de los referidos indicadores sin manejar más que un par de referencias numéricas:

- Alrededor del 46% de las terminales empleaban el sistema de chasis frente al 54% que empleaba el apilado;
- Productividad de las grúas de 20 mov/h frente a los 30-35 de los puertos europeos.

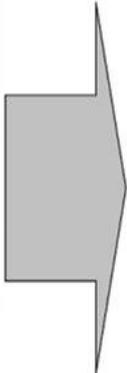
Más de 20 años después, MARAD, en 2008, anunció el lanzamiento del **Proyecto de Metodología sobre Productividad de Terminales y Puertos** consistente en el desarrollo de un sistema nacional para la recopilación de datos y el cálculo de la productividad y de otros indicadores, en una aplicación informática, de las terminales y puertos a nivel regional y nacional. El proyecto quedaba enmarcado en la tendencia en el campo del transporte de una gestión basada en el performance en el ejercicio de la planificación, programación y ejecución de infraestructuras y servicios de transporte. Los objetivos del proyecto se concretaban en:

1. Desarrollar e implantar mediciones de performance

2. Aplicar el sistema de medición en el ámbito nacional
3. Facilitar un conjunto de datos consistente
4. Identificar líneas futuras de mejora del performance; y,
5. Aportar una política en el ámbito del proyecto

El correspondiente estudio fue elaborado por The Tioga Group (2010) para el *Cargo Handling Cooperative Program*. Llama poderosamente la atención que, como ocurriera en los resultados del *Committee on Productivity of Marine Container Terminals* (1986), no se contemple el indicador de productividad por unidad de longitud de atraque (TEUs/m y año), lo que es consecuencia de la histórica visión de planificación portuaria en USA de trabajar en términos modulares de “atraque” (*berth*) (Tabla 57).

**Tabla 57: SP USA: Mediciones de productividad, fuentes de datos y su disponibilidad**

Available Port Data	Yield	Available Port Metrics	
<b>Always</b>		<b>Land Use</b>	
Channel & Berth Depth		TEU/Gross Acre	Gross/Net CY Acres
Berth Length		TEU Slots/CY Acre (Density)	Net/Gross Ratio
Berths		TEU Slots/Gross Acre	CY Utilization
Cranes & Types		TEU/Slot (Turns)	Moves/Container
Gross Acres		TEU/CY Acre	Avg. Dwell Time
Port TEU		<b>Crane Use</b>	
Avg. Vessel TEU		Number of Cranes	Avg./Max Moves per hour
Vessel Calls		TEU/Crane	TEU/Available Crane Hour
<b>Sometimes</b>		Vessel Calls/Crane	TEU/Working Crane Hour
Avg. Crane Moves/hr	Crane Utilization	TEU/Man-Hour	
CY & Rail Acres	<b>Berth Use</b>		
TEU Slots	Number of Berths	Max Vessel DWT and TEU	
<b>Estimated</b>	Length of Berths	TEU/Vessel TEU	
Max Vessel TEU	Depth of Berth & Channel	Vessel TEU/Max Vessel TEU	
<b>Confidential</b>	TEU/Berth	Berth Utilization - TEU	
Costs	Vessels/Berth	Berth Utilization - Vessels	
Man-hours	<b>Balance &amp; Tradeoffs</b>		
Vessel Turn Time	Cranes/Berth	Net Acres/Berth	
Rates	Gross Acres/Berth	Cost/TEU	
Avg. Dwell Time	CY Acres/Berth	Man-Hours/TEU	
Working Crane Hours	CY Acres/Crane	Man-Hours/Vessel	

FUENTE: THE TIOGA GROUP (2012)

En esta ocasión sí se manejan los valores alcanzados para los referidos indicadores para un amplio conjunto de puertos de los Estados Unidos, fruto de una recopilación puntual, y se propone una estrategia para la consecución sistemática de los indicadores a través de operadores y autoridades portuarias.

### VII.2.7. Sistema portuario de Holanda

El SP de Holanda incluye el mayor puerto del sistema portuario europeo: el Puerto de Rotterdam. Sus gestores y la comunidad portuaria han venido durante décadas desarrollando instrumentos de planificación estratégica y de la infraestructura portuaria. Entre ellos destaca el Proyecto de I+D+i FAMAS (First all Modes All sizes) que se lanzó formalmente en mayo de 1997 de la mano de la iniciativa público-privada Connekt, y cuyo objetivo era el de desarrollar la planificación de las futuras terminales de contenedores del puerto (**Figura 114**). Pocos años antes, en 1993, se había puesto en servicio, de la mano del operador de terminales ECT, la primera terminal automatizada del mundo. En aquellos años se anticipa la posibilidad de una generación de grandes buques de contenedores (“*jumbo vessel*”) de 10.000 TEUs de capacidad. Los indicadores y los valores referenciales para el futuro Maasvlakte II eran los siguientes:

- Productividad anual de línea de atraque:
  - 1.500 TEUs/m
  - 1.200 TEUs/m en terminal para barcasas (**Figura 115**)
- Productividad de buque atracado:
  - 300 mov/h en buques “jumbo”
  - 125 mov/h en buques “deepsea”
- Productividad grúa barcaza o ferrocarril:

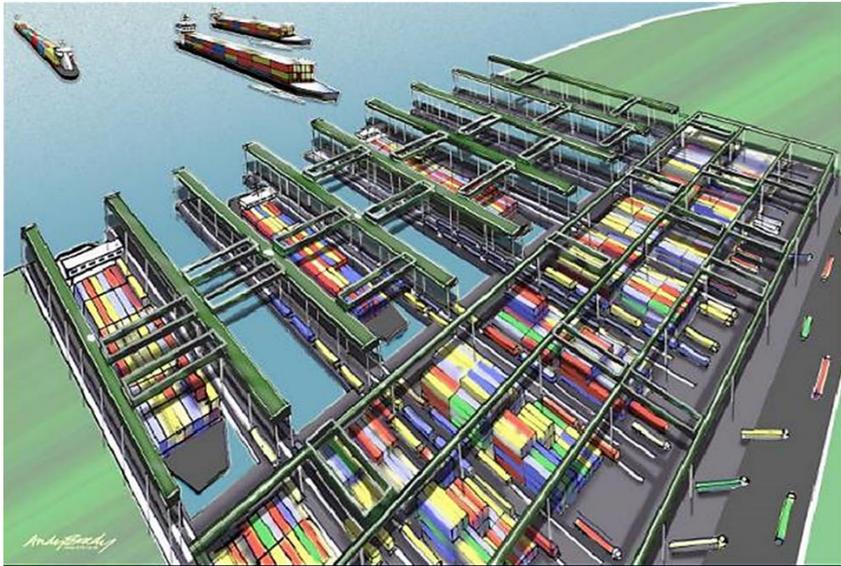
- 35 mov/h
- Productividad de superficie:
  - 20.000 TEUs/ha año en terminales tipo “compact” ( con instalación intermodal ferroviaria y para barcazas, Figura 114y Figura 115)
  - 30.000 TEUs/ha año en terminales tipo “distributed” (sin instalación intermodal ferroviaria ni para barcazas).

**Figura 114: SP Holanda: Diseños del Proyecto FAMAS para terminales en Maasvlakte II: layout distributed, compact y combi**



FUENTE: PORT OF ROTTERDAM

**Figura 115: SP Holanda: Diseño preliminar del Proyecto FAMAS de terminal para barcazas**



FUENTE: PORT OF ROTTERDAM

Más recientemente, el Puerto de Rotterdam a la hora de evaluar las ofertas para la ampliación Maasvlakte II contemplaba 4 grandes criterios: financiero (40%), estrategia y marketing (25%), sostenibilidad (29%) y técnico (15%). En el nivel técnico se valoraban aspectos relativos a la flexibilidad del diseño de la terminal, la calidad del sistema de manipulación y la **capacidad**.

### VII.2.8. Sistema portuario de Honduras

La actuación referencial en el SP de Honduras es la concesión de Puerto Cortes en el año 2013 al operador ICTSI. Para el tráfico contenedorizado se contempla el desarrollo de una terminal de 1.100 metros de atraque con una capacidad anual mínima de 1,7 millones de TEUs (1.545 TEUs/m año). Se exige un mínimo de 9 grúas de muelle para el máximo desarrollo. Las grúas se deberán incorporar

de forma que en ningún momento se supere el ratio de 230.000 TEUs movidos por grúa.

Entre los aspectos innovadores relacionados con la explotación de la terminal hay que subrayar la exigencia de intensidad en el uso de grúas acorde con el tamaño de la escala medido en movimientos. En la **Tabla 58** se resumen los indicadores de productividad y nivel de servicio.

**Tabla 58: SP Honduras: Productividad y nivel de servicio, Caso Puerto Cortés**

Tipo de servicio	Indicador	Parámetro	Umbral de cumplimiento
Servicios a las cargas	Closing time	Reefers: 8 h	100% de los contenedores
		Resto: 24 h	
Servicios al transportista	Tiempo de espera en puertas	40 min	Promedio
		75 min	90% operaciones
	Tiempo de recepción/entrega	45 min	Promedio
		60 min	90% operaciones
Servicios al naviero	Tiempo para el inicio de la descarga	20 min	Promedio
		30 min	90% operaciones
	Productividad de grúa	Año 1-2: 20 mov/h	Promedio
		Año >2: 25 mov/h	
	Productividad de grúa móvil	14 mov/h	Promedio
	Nº de grúas por buque	500 mov: 1 grúa	90% operaciones
		500-1.500 mov: 1,75 grúas	
> 1.500 mov: 2,5 grúas			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE COMISIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA ALIANZA PÚBLICO-PRIVADA (COALIANZA, 2013)

### VII.2.9. Sistema portuario de India

Como consecuencia del mandato del Ministerio de Transporte Marítimo, Transporte por Carretera y Autopistas de elaboración de Planes de Empresa para los denominados “Major Ports” (Cochin, CoPT; Chennai, CHPT; Jawahariak Nehru, JNPT; Kandla, KPT; Kolkata, KoPt; Mormugao, MGPT; Mumbai, MbPT; New Mangalore, NMP; Paradip, PPT; Tuticorin, TPT; Visakhpatnam, VPT), la Asociación de Puertos de India contrató, a través de una licitación, a la Autoridad Portuaria de Rotterdam (APR) como consultor para el proceso de revisión y coordinación de los correspondientes desarrollos.

En el aspecto relativo a la metodología para la estimación de la capacidad presente y proyectada de las instalaciones, la APR se limita a presentar las tasas de ocupación de muelle (**Tabla 59**) empleadas y los correspondientes *benchmark* de capacidad (**Tabla 60**) por los distintos consultores

**Tabla 59: SP India: Tasas máximas de ocupación de línea de atraque**

Tipo de terminal	Tasa máxima
<b>Dedicada</b>	
1 atraque	60%
Más de 1 atraque	70%
<b>Pública</b>	
Hasta 3 atraques	70%
Más de tres atraques	75%

FUENTE: PORT OF ROTTERDAM AUTHORITY (2007)

**Tabla 60: SP India: Indicador de capacidad por metro de línea de atraque en TCs**

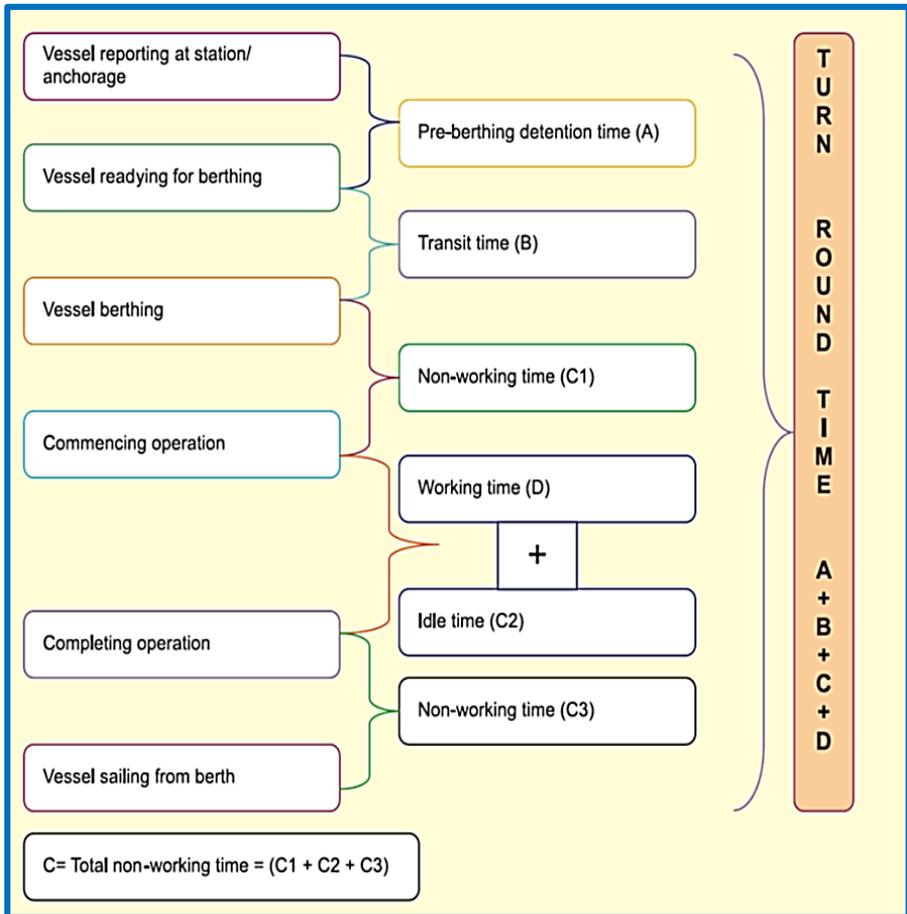
<b>Puerto/Terminal</b>	<b>Actual</b>	<b>Proyectado</b>
JNPT	2.000	2.400
Mumbai		1.200
Cochin	1.400	1.700
Tuticorin	1.200	1.500
Chennai	900	1.350
Ennore	1.200	1.500
Kandla		2.250

FUENTE: PORT OF ROTTERDAM AUTHORITY (2007)

Cada año, los “Major Ports” acuerdan con el Ministerio de Transporte Marítimo (India, 2010) unas metas en relación con los 4 indicadores que se citan a continuación. Para la desagregación de los tiempos en puerto emplean el esquema convencional recogido en la **Figura 116**. El gobierno audita los resultados frente a las metas y emite el correspondiente informe.

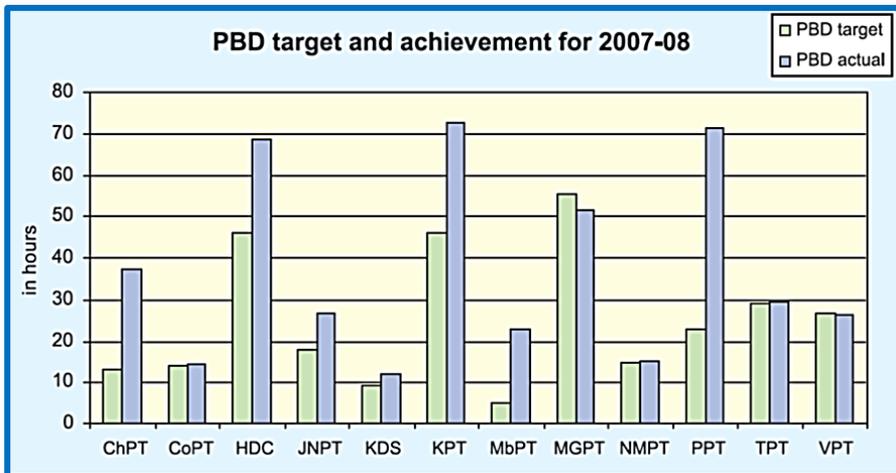
- Tiempo de fondeo (*Preberthing Detention Time –PDT-*) (**Figura 117**).
- Productividad de buque atracado (**Figura 118 y Figura 119**).
- Tiempo inoperativo en atraque (**Figura 120**).
- Tiempo de rotación (*Turn Round Time –TRT-*) (**Figura 121**)

**Figura 116: SP India: Desagregación de tiempos para el cálculo de los indicadores**



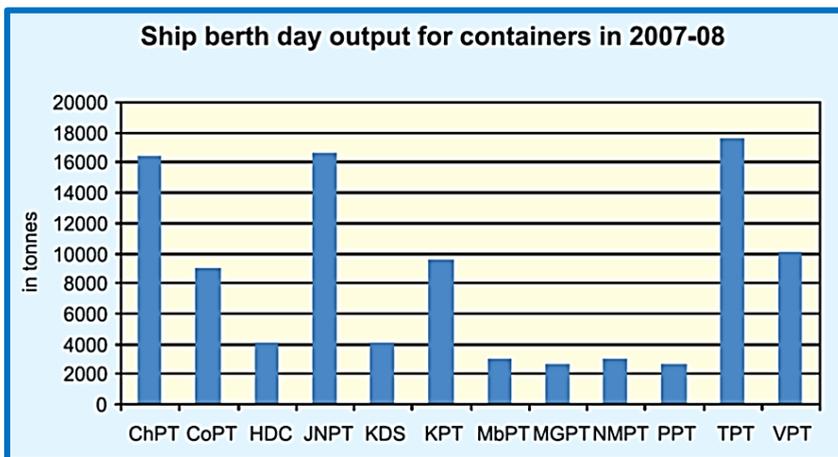
FUENTE: INDIA (2010)

**Figura 117: SP India: Metas y valores 2007-2008 en tiempos de fondeo (PBD) por puertos (horas)**



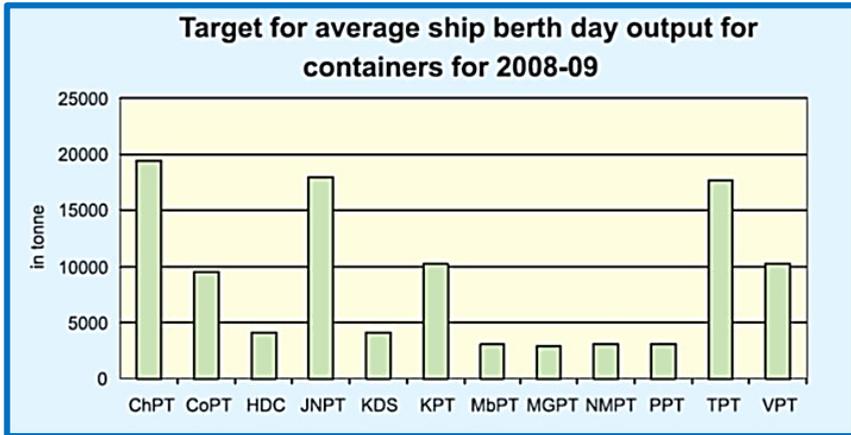
FUENTE: INDIA (2010)

**Figura 118: SP India: Productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores**



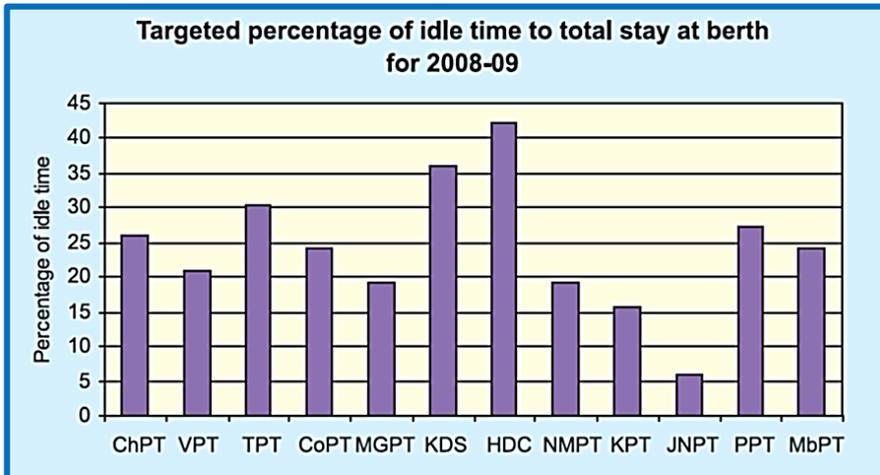
FUENTE: INDIA (2010)

**Figura 119: SP India: Metas de productividad de atraque en 24 h (toneladas) para portacontenedores**



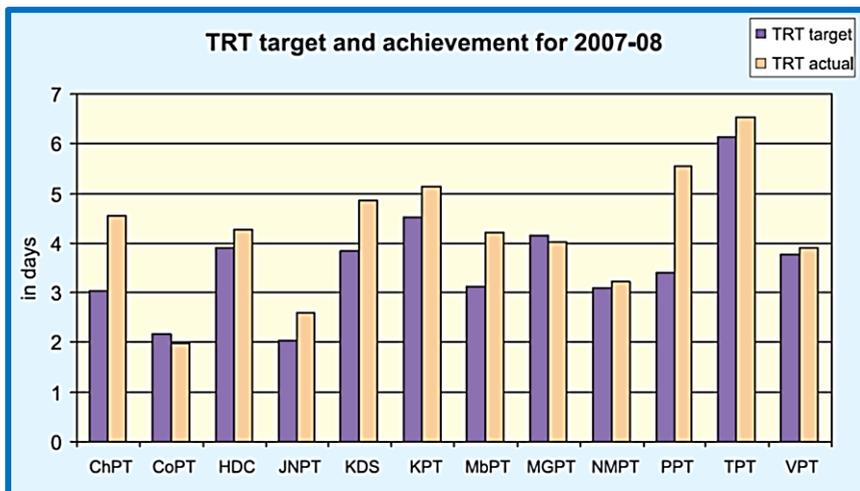
FUENTE: INDIA (2010)

**Figura 120: SP India: tiempo inoperativo en atraque (% sobre el tiempo de atraque)**



FUENTE: INDIA (2010)

**Figura 121: SP India: Tiempo de rotación (TRT) de los buques (días)**



FUENTE: INDIA (2010)

En el proceso de concesionamiento de la Terminal de Contenedores de Chennai en 2001-2002, el consultor del gobierno indio propuso un mínimo de 1.500 TEUs por metro de línea de atraque, que finalmente quedó en 1.100 TEUs/m en el contrato. Las terminales operadas por DP World (Chennai CT y NSI CT) declaran, respectivamente, capacidad anual de 1, 5 y 1,2 millones de TEUs que suponen capacidades de línea de atraque de 1.695 y 2.000 TEUs/m. En el caso de NSI CT se han llegado a superar los 2.500 TEUs por metro de línea de atraque con altísimas tasas de ocupación (83,5%). Los contratos también contemplan cláusulas con mínimos de manipulación anual (**Figura 122**).

**Figura 122: SP India: Tráfico mínimo e indicadores de LA de TCs concesionadas**

Puerto	Terminal	Operador	Línea atraque (m)	Tráfico Mínimo	Benchmark capacidad	2007/2008		
						Tráfico	% s/benchmark	TEUs/m
Chennai (CHPT)	Chennai CT	DP World	885	500.000	880.000	1.128.000	28%	1.274
Jawahariak Nehru (JNPT)	NSI CT	DP World	600	550.000	660.000	1.508.056	128%	2.513
Jawahariak Nehru (JNPT)	GTI CT	APM Terminals	712	350.000	783.000	1.290.862	65%	1.813

FUENTE: INDIA (2010)

El puerto JNPT ocupa, a nivel mundial, el décimo quinto lugar en el ranking de productividad de JOC para 2013 con 91 mov/h. y el octavo para buques de menos de 8.000 TEUs con 89 mov/h. La terminal NSI CT es la cuarta del mundo en la categoría de menos de 8.000 TEUs con 111 mov/h.

Es de destacar el trabajo desarrollado por el “Working Group on Ports and Shipping” para el National Development Policy Committee, en el que participan representantes de la comunidad portuaria. Se identifican y priorizan un conjunto de objetivos para los puertos junto con una serie de KPIs para su seguimiento (Tabla 61).

**Tabla 61: SP India: Objetivos para los puertos y KPIs para su seguimiento**

Operations Related KPIs	
PORT OBJECTIVES (HIERARCHICAL)	LEADING KPI
1 Low Cost of Import/Export	■ Cost Per Ton of Import/Export
2 Fast Cargo Transit	■ Cargo Dwell Time
3 Fast Vessel Turnaround	■ Vessel Turnaround Time
4 Optimum Asset Utilisation	■ Asset Utilisation/Productivity
5 Contribution to Employment and Economic Value for Nation	■ Number of Jobs or Amount of Value Added Per Ton of Goods Handled
6 Maximum Shareholder Return	■ Return on Invested Capital
7 Minimum Environmental Impact	■ Emission Per Ton of Goods Handled

FUENTE: NATIONAL TRANSPORT DEVELOPMENT POLICY COMMITTEE (2014)

Los KPIs permiten el seguimiento del performance relativo al tiempo de rotación de los buques, uso de la línea de atraque, de la superficie portuaria y estancia de las mercancías en los puertos. Asimismo se identifican los agentes implicados en la operación y su performance (**Tabla 62**).

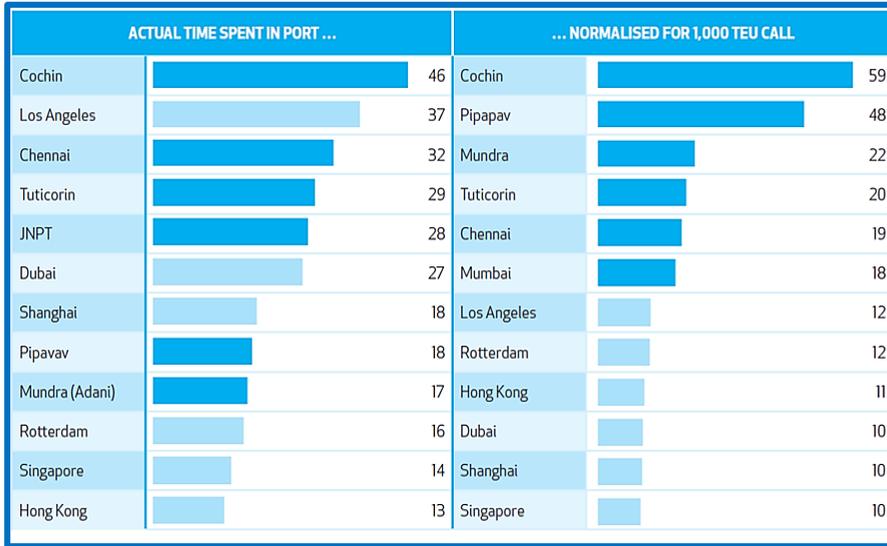
**Tabla 62: SP India: KPIs, performance y agentes implicados**

LEADING KPI	PERFORMANCE DRIVERS		DERIVED KPIS	PARTIES INVOLVED
1 Cargo Dwell Time (excluding vessel related time)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terminal management system (IT system and yard operating system)</li> <li>Dwell-time incentives (free storage time)/ customer preferences (to use port as forward storage location)</li> <li>Customs clearance process</li> </ul>	▶	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vessel preberthing time</li> <li>Yard dwell time</li> <li>Gate transit time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Customs/port authority</li> <li>Terminal operator, customs, cargo owner</li> <li>Customs, shippers</li> </ul>
2 Vessel turnaround time	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amount of traffic to be loaded/ unloaded</li> <li>Distance from anchor point to berth</li> <li>Efficiency of port service operators (tugs/ pilots)</li> <li>Efficiency of terminal operator (working hours, number of cranes, crane speed)</li> </ul>	▶	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pre-berthing time (hours)</li> <li>Berthing time/unit of cargo handled</li> <li>Post-berthing time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Customs/port authority (serviceproviders)</li> <li>Terminal operator</li> </ul>
3 Asset Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Handling equipment (number of cranes, crane spacing, crane speed, operating hours)</li> <li>Yard storage system (RMG, RTG, straddle carrier, forklifts, etc.)</li> <li>Amount of cargo throughput</li> </ul>	▶	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cargo throughput (TEU/ton) per quay meter</li> <li>Cargo throughput (TEU/ton) per hectare of land</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terminal operator (quay design parameters)</li> <li>Terminal operator (yard design)</li> </ul>

FUENTE: NATIONAL TRANSPORT DEVELOPMENT POLICY COMMITTEE (2014)

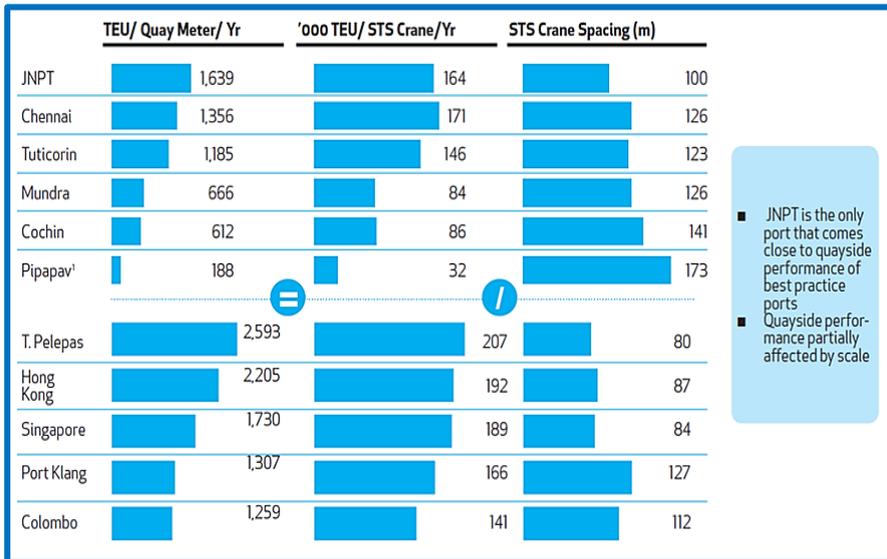
Adicionalmente, el trabajo del referido Grupo de Trabajo incorpora un ejercicio de *benchmarking* internacional sobre tiempos de rotación (**Figura 123**) y productividad de la línea de atraque (**Figura 124**) en TCs.

**Figura 123: SP India: Benchmarking sobre tiempos de rotación en TCs**



FUENTE: NATIONAL TRANSPORT DEVELOPMENT POLICY COMMITTEE (2014)

**Figura 124: SP India: Benchmarking sobre productividad de línea de atraque (TEUs/m), TEUs/grúa y distancia entre grúas en TCs**



FUENTE: NATIONAL TRANSPORT DEVELOPMENT POLICY COMMITTEE (2014)

Como resultado del ejercicio de *benchmarking*, el National Transport Development Policy Committee recomienda para las terminales de contenedores grandes 170.000-190.000 TEUs anuales por grúa y espaciamento entre grúas de unos 80 m; y, para las menores 100.000 TEUs año-grúa, y 100-120 m de distancia entre grúas.

### VII.2.10. Sistema portuario de Indonesia

En el Master Plan de Puertos de Indonesia de 2012 que contó con el asesoramiento de Nathan Associates, a la hora de estimar la capacidad de las terminales para contenedores se emplea el indicador de productividad por línea de atraque que evoluciona en distintos horizontes temporales

La previsión de Nathan (2012) contempla una mejora de la productividad por línea de atraque del 30% entre 2009 y 2015 y de otro 25% entre 2015 y 2030, diferenciando cinco categorías de puertos/terminales (**Tabla 63**).

**Tabla 63: SP Indonesia: Capacidad por metro de línea de atraque (TEUs) en diferentes horizontes temporales**

Tipo de terminal/puerto	2009	2015	2020	2030
TC Tanjung Priok	1.250	1.625	2.031	2.031
puertos > 750.000 TEUs	1.000	1.300	1.625	1.625
300.000-700.000 TEUs	750	975	1.219	1.219
puertos < 300.000	650	845	1.056	1.056
Terminal Polivalente	500	650	813	813

FUENTE: NATHAN (2012)

### VII.2.11. Sistema portuario nacional del Perú

En el Perú, los contratos de concesión de terminales portuarias determinan la productividad y los niveles de servicio que deben verificarse en base al promedio trimestral o por operación, en función del caso.

La productividad promedio trimestral de las grúas de contenedores se calcula:

**Productividad promedio trimestral** =  $\text{N}^{\circ}$  contenedores movidos /  $\Sigma$  del tiempo efectivo trabajado

Tiempo deducible:

1. Refrigerio de los estibadores
2. Demoras imputables a las naves o al agente marítimo
3. Movimiento de tapas
4. Movimiento del boom
5. Manejo de carga sobredimensionada (no estándar)
6. Causa fortuita o fuerza mayor debidamente comprobada y registrada (cualquier situación que paralice o retrase las operaciones).

En la **Tabla 64** se plasman los mínimos de productividad y de los niveles de servicio del contrato de concesión de la APN del Perú con DPWorld-Callao que fue firmado en el año 2006.

**Tabla 64: SP Perú: Mínimos de productividad y niveles de servicio (DPWorld – Callao)**

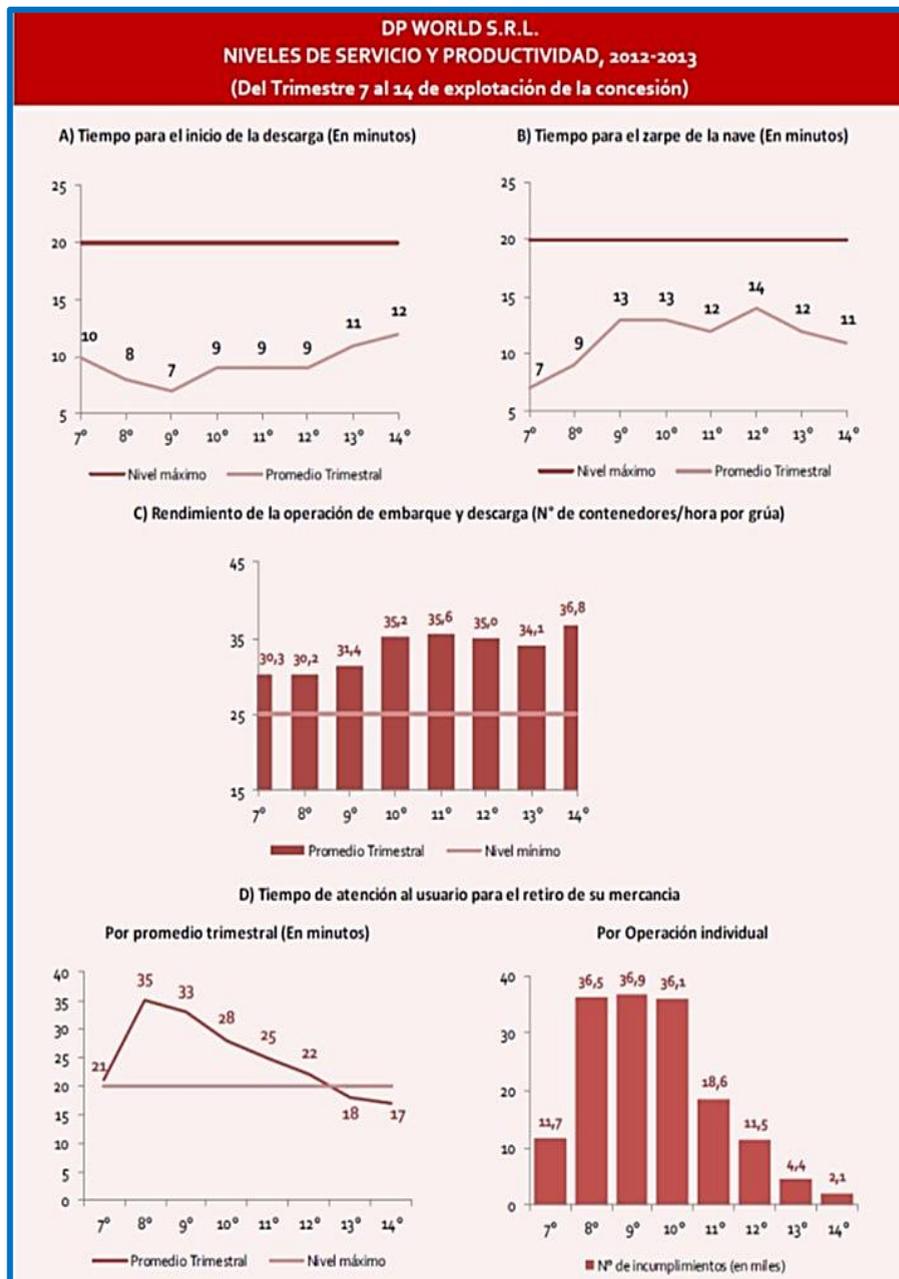
Indicador	Aplicación	Calidad mínima
Tiempo para el inicio de la descarga	Operación individual	< 30 minutos
Tiempo para el inicio de la descarga	Promedio trimestral	< 20 minutos
Tiempo para el zarpe de la nave	Operación individual	< 30 minutos
Tiempo para el zarpe de la nave	Promedio trimestral	< 20 minutos
Rendimiento de la operación de embarque o descarga	Operación individual	> 20 cont/h grúa
Rendimiento de la operación de embarque o descarga	Promedio trimestral	> 20 cont/h grúa * > 25 cont/h grúa **
Tiempo de atención al usuario para el retiro de su mercancía (importación)	Operación individual	< 45 minutos* < 30 minutos**
Tiempo de atención al usuario para el retiro de su mercancía (importación)	Promedio trimestral	< 30 minutos* < 20 minutos**
* Para los dos primeros trimestres de medición ** para los siguientes trimestres de operación		

FUENTE: OSITRAN (2014)

En la **Figura 125** se recoge la productividad y el nivel de servicio de la terminal concesionada a DPWorld en el Puerto del Callao. En relación con el **tiempo para el inicio de la descarga** se observa que al finalizar su 14° trimestre de explotación (comprendido entre Set-Nov de 2013), DPW presentó un promedio trimestral del tiempo para inicio de la descarga de 12 minutos, siendo éste superior en 3 minutos a lo calculado en el trimestre Set-Nov de 2012, manteniéndose dentro de los niveles exigidos. Asimismo, el **tiempo promedio para el zarpe de la nave** se mantuvo en alrededor de 11 minutos, el menor tiempo de los últimos 5 trimestres previos.

En el caso del **rendimiento para la operación de embarque y descarga**, el promedio trimestral de la operación de embarque y descarga se aproximó a los 37 contenedores/hora por grúa, lo cual significó el mayor rendimiento promedio trimestral registrado hasta el momento. Cabe señalar que desde el inicio de la verificación de dicho indicador, el terminal se ha mantenido por encima del nivel mínimo exigido en el contrato de concesión.

**Figura 125: SP Perú: Terminal DP World Callao: Productividad y nivel de servicio 2012-2013**

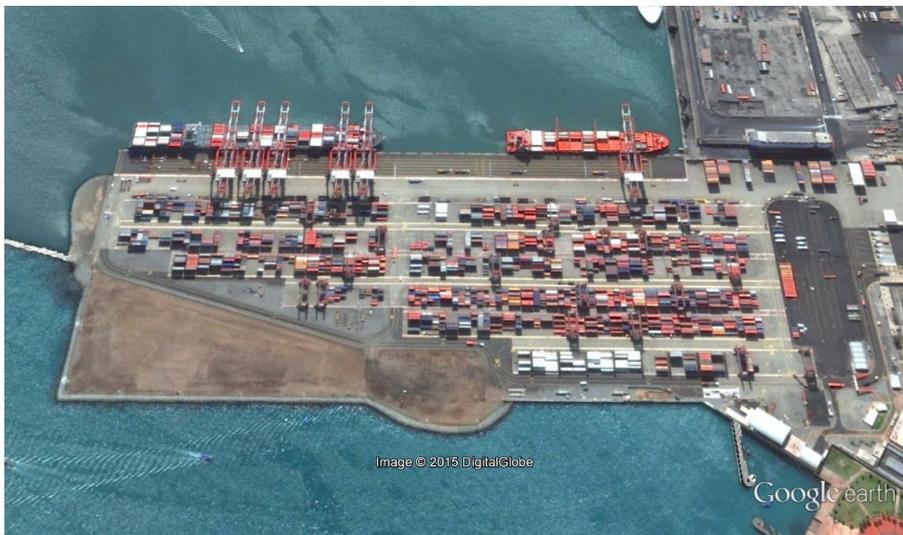


FUENTE: OSITRAN (2014)

El **tiempo de atención al usuario para el retiro de la mercancía** fue, en promedio, de 17 minutos para el trimestre Set-Nov de 2013, lo cual significó una reducción de 18 minutos respecto del trimestre Mar-May de 2012 en el cual se registró el mayor tiempo de los últimos 8 trimestres. Cabe señalar que durante el trimestre se presentaron 2.067 incumplimientos de tiempo de atención por operación individual, lo que significó una reducción del 53,1% con relación al trimestre anterior.

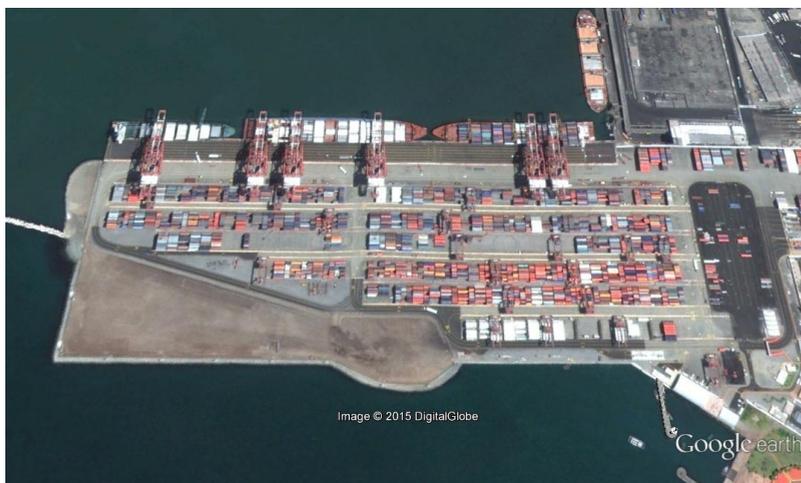
Asimismo, en el contrato de concesión se contempla la obligación de disponer de un tercer amarradero o atraque una vez superada una tasa de ocupación del 70%. Dado que contrato no explicita la fórmula para el cálculo de la tasa de ocupación desde el principio se produjeron discusiones entre el organismo regulador OSITRAN y el concesionario por cuanto que el resultado es distinto cuando se calcula de forma discreta que de forma continua. Aunque nominalmente se dice que se dispone de dos atraques (**Figura 126**) se dan situaciones en las que atracan tres buques (**Figura 127**).

**Figura 126: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011**



FUENTE: GOOGLE EARTH

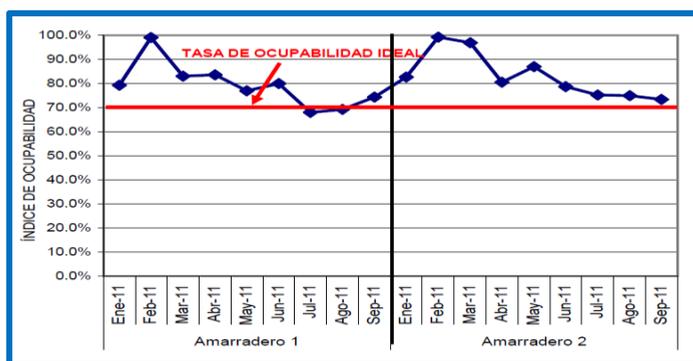
**Figura 127: DPWorld Callao: Ocupación de la línea de atraque el 5/02/2011**



FUENTE: GOOGLE EARTH

Finalmente la administración impuso su interpretación (**Figura 128**) aplicó una penalización a DPWorld por incumplimiento (**Figura 129**). Después de cuatro años de negociaciones no han llegado a un acuerdo para la construcción del tercer amarradero por diferencias en la interpretación de la revisión de las tarifas.

**Figura 128: DPWorld Callao: Tasa de ocupación de la TC según la APNy OSITRAN. Periodo ene-sept 2011**



FUENTE: APN

**Figura 129: SP Perú: Nota de prensa de OSITRAN de la penalización a DPWorld Callao**



**OSITRAN**  
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DE USO PÚBLICO

**NOTA DE PRENSA**

Av. República de Panamá 3659 - 3663; Urb. El Palomar - San Isidro, Lima-Perú; Teléfono: 440 5115, Fax: 421 4739

Nota de prensa N° 20

**OSITRAN aplica penalidad a DP World por incumplir obligación contractual**

El Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN) sancionó al operador del Muelle Sur del Callao, DP World Callao, por no tener operativa la infraestructura del tercer amarradero, conforme se establece en el contrato de concesión al superar los dos amarraderos actuales el 70% de ocupabilidad.

En oficio dirigido al gerente general de la concesionaria, Andrew Hoat, recepcionado el 19 de junio, OSITRAN señala que de conformidad con la sección XIX del contrato de concesión, DP World tiene un plazo de 10 días hábiles para el pago de la penalidad ascendente a 485,752.90 nuevos soles. La penalidad aplicable es el 2% del Ingreso Bruto Trimestral anterior registrado en la concesión.

Cabe recordar que OSITRAN, conforme lo establece el contrato de concesión, realizó la evaluación del período comprendido entre el 18 de agosto de 2010, fecha en que DP World inició la explotación con los dos amarraderos, y el 18 de agosto de 2011, determinando que la tasa de ocupación anual del muelle llegaba a 80.4%. Según el anexo 4 del contrato de concesión esta tasa no debe superar el 70% y, de hacerlo, el concesionario tiene que desarrollar la nueva infraestructura y/o equipamiento de la siguiente fase, según la propuesta técnica que presentó en el concurso público.

En su oportunidad, mediante oficio N° 3958-2011-GS-OSITRAN, del 22 de setiembre de 2011, OSITRAN comunicó a DP World este resultado señalando que correspondía, en consecuencia, implementar la operatividad de la siguiente fase.

Por su parte, la Autoridad Portuaria Nacional (APN) mediante oficios remitidos en mayo se pronunció señalando que constituye una obligación contractual clara y precisa el desarrollo de una nueva infraestructura y/o equipamiento al haber superado la tasa de ocupación del 70%.

La APN sostiene que no resulta procedente la modificación del contrato debido a que la nueva infraestructura y/o equipamiento constituye una obligación contractual y que el cuestionamiento del concesionario carece de fundamento.

**Oficina de Relaciones Institucionales**

21 de junio de 2012

FUENTE: OSITRAN

## VII.2.12. Sistema portuario de Sudáfrica

En el SP de Sudáfrica, en relación con el concepto de capacidad se diferencia entre capacidad de diseño y capacidad instalada siendo ésta la correspondiente con la infraestructura y superestructura en servicio (**Tabla 65**).

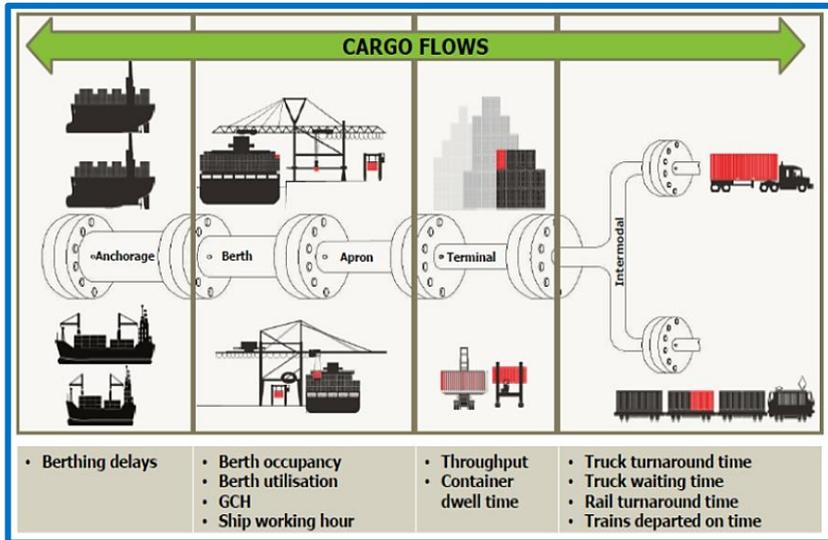
**Tabla 65: SP Sudáfrica: Tráfico 2014-2015 y capacidad de diseño e instalada en TCs (TEUs)**

Puerto	Tráfico 13/14	Capacidad diseño	Capacidad instalada	% instalada s/diseño	% tráfico s/diseño	% tráfico s/instalada
Durban	2.660.144	3.020.000	3.020.000	100	88	88
Cape Town	907.796	1.500.000	900.000	60	61	101
Ngqurha	713.306	2.800.000	491.442	18	25	145
Port Elizabeth	291.233	600.000	325.211	54	49	90
East London	41.080	93.000	53.390	57	44	77
<b>Total</b>	<b>4.613.559</b>	<b>8.013.000</b>	<b>4.790.043</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>96</b>

FUENTE: PORTS REGULATOR OF SOUTH ÁFRICA (2015)

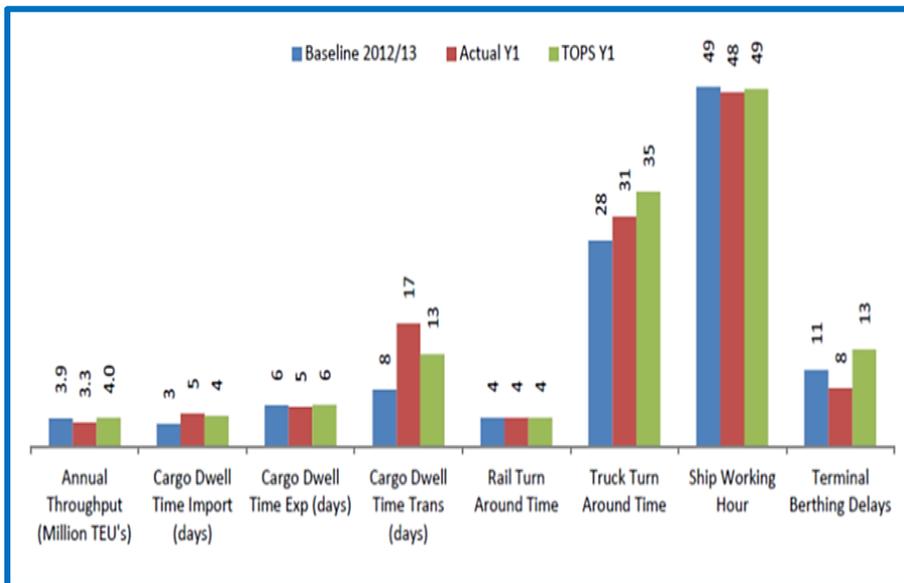
La Autoridad Portuaria Nacional introdujo a finales del año 2013 un modelo de performance portuario bajo la denominación de Terminal Operator Performance Standard (TOPS). Incorpora indicadores de los subsistemas de atraque/carga-descarga, almacenamiento y recepción/entrega y de fondeo (**Figura 130** y **Figura 131**).

**Figura 130: SP Sudáfrica: Terminal Operator Performance Estandar (TOPS)**



FUENTE: PORTS REGULATOR OF SOUTH ÁFRICA (2015)

**Figura 131: SP Sudáfrica: valores de los indicadores del TOPS**



FUENTE: PORTS REGULATOR OF SOUTH ÁFRICA (2015)

### VII.3. Síntesis de las referencias: análisis

En el presente epígrafe se analiza y sintetiza de forma conjunta y comparada las recomendaciones sobre productividad, capacidad y nivel de servicio por línea de atraque presentadas en los apartados anteriores.

En relación con el activo de la línea de atraque o muelle:

1. **Tráfico marítimo:** producción por línea de atraque de la terminal medida en contenedores y TEUs. Se trata de un indicador de entrada para el modelo
2. **Línea de atraque (tamaño de la terminal):** expresado por la longitud de la línea de atraque. En función de la tipología de los buques que escalen en la instalación se determina el número de puestos de atraque. Es un indicador de entrada en el modelo.
3. **Tasa de ocupación:** es un indicador de salida, función de la distribución de llegadas, de servicio, del número de atraques, de la calidad de servicio y de la productividad de atraque.
4. **Productividad de línea de atraque:** es un indicador de salida capaz de expresar la capacidad anual de la terminal para un nivel de servicio en un determinado sistema A/B/n.

En relación con el activo de las grúas de muelle:

5. **Número de grúas:** es un input muy relevante a la hora de incrementar la productividad de buque atracado. Combinado con el tráfico y la longitud de la línea de atraque produce los outputs de productividad anual por grúa y distancia entre grúas.
6. **Productividad unitaria de grúa:** en mov/h grúa; se trata de la característica básica del activo grúa de muelle para la producción. Es un indicador de input.

En relación con el activo buque:

7. **Espera relativa:** indicador de output que junto con la Productividad de atraque/puerto del buque conforman el nivel de servicio para un determinado sistema A/B/n.
8. **Productividad de buque en atraque:** indicador de output que junto con la espera relativa o la Productividad de buque en puerto conforman el nivel de servicio para un determinado sistema A/B/n.
9. **Productividad de buque en puerto:** indicador de output que junto con la espera relativa o la Productividad de buque en atraque conforman el nivel de servicio para un determinado sistema A/B/n.

Tomando los 9 indicadores referidos se analizan las recomendaciones/modelos de organismos multilaterales, consultoría, autores y referencias nacionales de instituciones y Autoridades Portuarias presentados en los epígrafes. La síntesis comparada se plasma en la **Tabla 66**.

En el caso de los organismos multilaterales, consultoría y autores, los modelos que abordan el nivel de servicio y la capacidad por línea de atraque y en tal sentido se califican como completos son los de la UNCTAD (1998), Drewry (1998), Ashar y Kent (2010) y Monfort et al. (2011b) si bien los dos primeros manejan valores para los indicadores de dimensionamiento obsoletos.

En el caso de las referencias nacionales de instituciones y autoridades portuarias tan sólo califica como sistema completo el incorporado en la concesión de Puerto Cortés a ICTSI en Honduras.

El resultado evidencia la necesidad y oportunidad de la elaboración de una propuesta de modelo de productividad, nivel de servicio y capacidad por línea de atraque para terminales de contenedores que mejore el proceso de planificación a medio y largo plazo y la explotación en un escenario *landlord* con contratos de concesión entre el sector público y el privado.

**Tabla 66: Síntesis cualitativa de las recomendaciones/modelos de organismos multilaterales, consultoría, autores y referencias nacionales de instituciones y Autoridades Portuarias**

Indicador	Tráfico	Longitud LA	Tasa Ocupación	Prod. Línea atraque	Prod. Grúa	Nº grúas	Espera relativa	Prod. Buque/ atraque	Prod. Buque/ puerto	Nivel de servicio Línea atraque	Capacidad Línea atraque
Tipo indicador	Input	Input	Output	Output	Input	Input	Output	Output	Output		
Activo	Línea atraque	Línea atraque	Línea atraque	Línea atraque	Grúa de muelle	Grúa de muelle	Buque	Buque	Buque		
Unidad (*)	TEUs	m	%	TEUS/m	Mov/h	TEUs/grúa	-	Mov/h	Mov/h		
Carencia	Anual	Anual	Anual	Anual	hora	Anual	Anual	Escala	Escala		
<b>ORGANISMOS MULTILATERALES, CONSULTORÍA Y AUTORES</b>											
UNCTAD (1998)	Mínimo			Indirecto			Indirecto			Completo	Sí
DREWRY (1998)				Indirecto			Indirecto			Completo	Sí
DREWRY (2002)		Aprox.					Indirecto			Incompleto	Sí
DREWRY (2010)				Indirecto						Incompleto	Sí
BANCO MUNDIAL (2009)		Aprox.								Incompleto	Sí
Ashar y Kent (2010)									Indirecta	Completo	Sí
Monfort et al. (2011)				Capacidad						Completo	Sí
<b>REFERENCIAS NACIONALES DE INSTITUCIONES Y AUTORIDADES PORTUARIAS</b>											
SP AUSTRALIA								últimos años		Estadística	No
SP CANADÁ										Estadística	No
SP COSTA RICA (APMT, Moin)								Estadística		Incompleto	No
SP ECUADOR (HPH, Manta)										Incompleto	No
SP ESPAÑA (HPH, Barcelona)										Incompleto	Sí
SP ESPAÑA (NOATUM, Valencia)										Incompleto	No
SP ESTADOS UNIDOS (2010)										Estadística	No
SP HOLANDA										Incompleto	Sí
SP HONDURAS (ICTSI, P.Cortés)								Indirecto		Completo	Sí
SP INDIA										Estadística	Sí
SP INDONESIA										Implícito	Sí
SP PERÚ (DPW Callao)										Incompleto	No
SP SUDÁFRICA										Estadística	Sí

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## CAPÍTULO VIII

# Análisis de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una terminal de contenedores: Propuesta de modelo

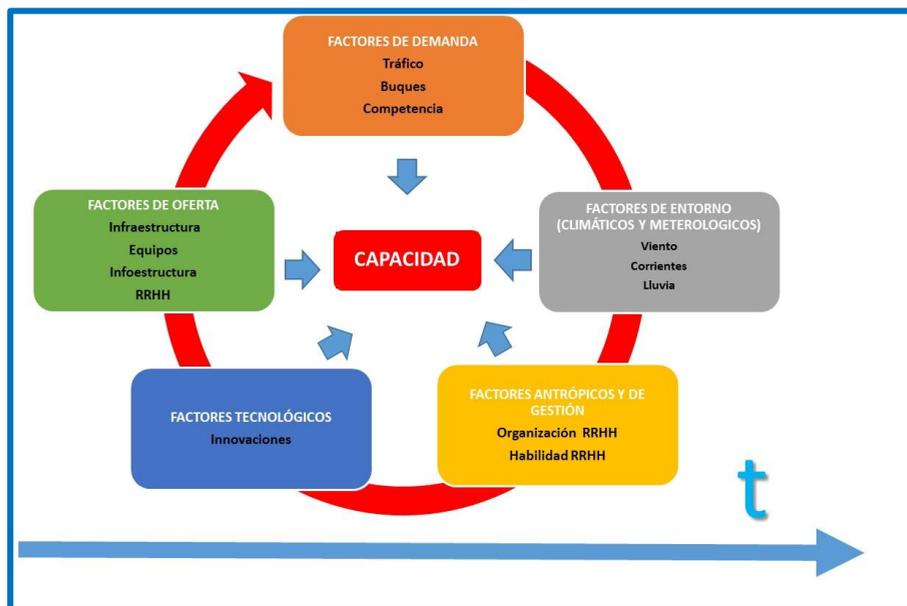
---

## VIII.1. Estructuración de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC

A partir de los antecedentes expuestos en el Estado del Arte sobre la materia y atendiendo a la naturaleza del problema, seguidamente se aporta una clasificación de los factores que afectan a la capacidad de una terminal contemplando cinco categorías (**Figura 132**):

- Factores de demanda
- Factores climatológicos y meteorológicos
- Factores antrópicos y de gestión
- Factores tecnológicos
- Factores de oferta

**Figura 132: Clasificación de los factores que afectan a la capacidad por línea de atraque de una TC**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## VIII.1.1. Factores de demanda (tráfico, buque)

### VIII.1.1.1. Buque

Un aspecto muy relevante de la evolución del buque es que el crecimiento de las dimensiones del buque (Eslora, manga, calado y capacidad) no se ha producido de forma proporcional entre las mismas. Así, tomando referencialmente la evolución del mayor buque portacontenedores 1969-2015 (**Tabla 67**) se alcanzan las siguientes conclusiones (**Figura 133**):

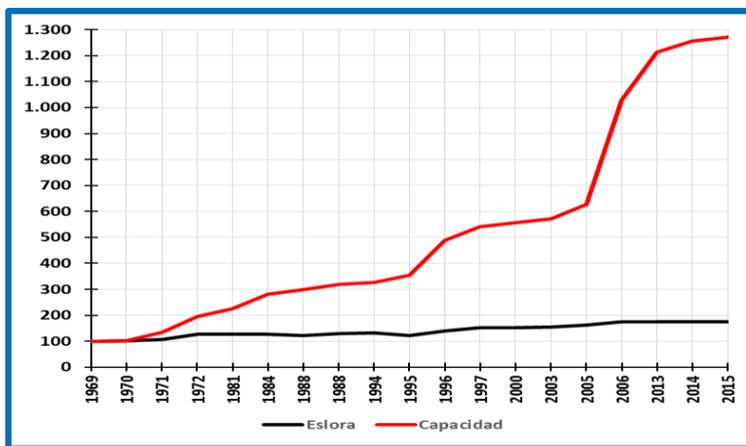
- La eslora ha pasado de 227 m. a 400 m con un crecimiento del 174%,
- La manga de 30,5 m a 59 m. con un crecimiento del 194%,
- La capacidad del buque de 1.512 TEUs a 19.244 TEUs con un **crecimiento del 1.273%**.

**Tabla 67: Evolución histórica de las dimensiones del mayor buque portacontenedores 1969-2015**

Año	Buque	Capacidad	Eslora	Manga
1969	Encounter Bay	1.512	227	30,5
1970	Dart Europe	1.556	232	30,6
1971	Euroliner	2.050	243	30,5
1972	Tokyo Bay	2.968	289	32,26
1981	Frankfurt Express	3.430	288	32,3
1984	American New York	4.234	290	32,2
1988	President Truman	4.528	275	39,4
1988	Marchen Maersk	4.814	294	32,2
1994	Nyk Altair	4.953	300	37,1
1995	OOCL California	5.344	276	40
1996	Regina Maersk	7.403	318	42,8
1997	Sovereign Maersk	8.200	347	42,8
2000	Cornelius Maersk	8.400	347	42,8
2003	Axel Maersk	8.650	352	42,8
2005	Gudrun Maersk	9.500	367	42,8
2006	Emma Maersk	15.550	397	56,4
2013	Maersk McKinney Moller	18.340	400	59,0
2014	CSCL Globe	18.982	400	58,6
2015	MSC Oscar	19.244	396	59,0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

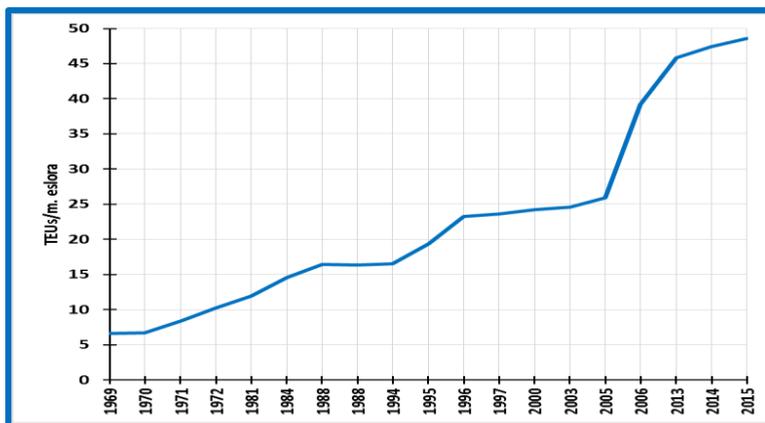
**Figura 133: Evolución comparada 1969-2015 de la eslora y la capacidad (TEUs) de los buques portacontenedores. Base 100: 1969**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Así en los últimos 10 años, en el caso del mayor buque en explotación, se ha duplicado el ratio de capacidad en TEUs del buque por metro de eslora, que pasa de 25 TEUs por metro de eslora a casi 50, poniendo sobre la mesa el reto de la mejora de la productividad de atraque para hacer frente a tal demanda (Figura 134).

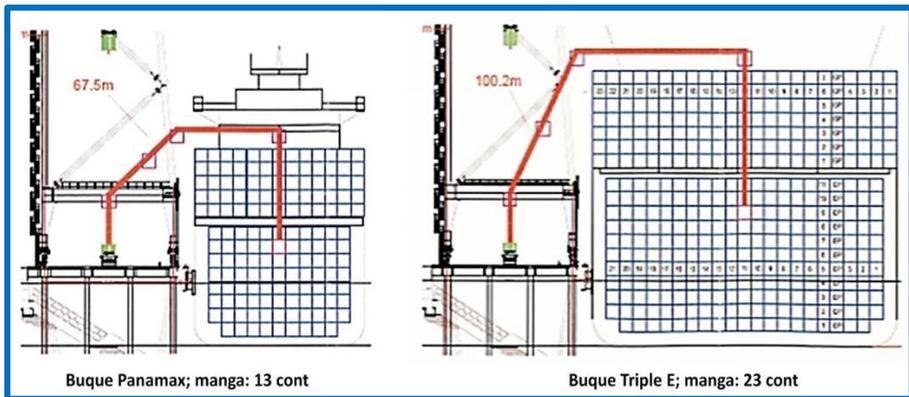
**Figura 134: Evolución 1969-2015 del ratio Capacidad en TEUs por metro de eslora**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tomando referencialmente un buque panamax de 13 contenedores de manga y un buque Triple E (23 contenedores de manga) se observa que la trayectoria de los contenedores en las operaciones de carga/descarga ha pasado de 67,5 m a 100,2 m, con un incremento del 48,4% (Figura 135).

**Figura 135: Incremento de las distancias de las trayectorias de carga/descarga de contenedores**



FUENTE: NEARY, B. (2014)

### VIII.1.1.2. Tráfico

Desde la perspectiva de la previsión de tráfico a atender en la terminal lo más relevante es la regularidad de las llegadas y el tamaño medio de las escalas. En el primer caso, a mayor regularidad se puede ir a mayores tasas de ocupación de la terminal para la misma calidad de servicio. En el segundo caso, mayores tamaños de escala (movimientos/escala) suponen una mayor densidad de movimientos por *bay*, circunstancia que propicia mayores productividades de buque atracado; por otro lado, el mayor tamaño de las escalas permite el empleo de un mayor número de grúas, lo que de nuevo incrementa la productividad de buque atracado.

Son los clientes navieros los que requieren el nivel de servicio en términos de productividad de buque en puerto que se expresa a través de la productividad de buque atracado y de la calidad de servicio o espera relativa.

### VIII.1.2. Factores climatológicos y meteorológicos

Los factores climáticos y meteorológicos afectan tanto en la etapa de la planificación de la terminal como en la de explotación. Como se ha puesto de manifiesto en el epígrafe VI.4.3.1 es el viento el agente que más afecta a la productividad de las operaciones. En la etapa de planificación se trata de minimizar sus efectos tratando que la alineación de atraque quede en una disposición favorable frente a la dirección de las rachas de viento de mayor intensidad. Asimismo, durante la explotación de la terminal es recomendable manejar información meteorológica al objeto de una mejor planificación de las operaciones.

### VIII.1.3. Factores antrópicos y de gestión

#### VIII.1.3.1. Antrópicos

Son aquellos relacionados con la intervención de los recursos humanos en el desarrollo de las operaciones. La capacitación y destreza de los manipuladores y operadores portuarios afectan directamente a la productividad y con ello a la capacidad alcanzable. La progresiva automatización de las operaciones viene conllevando una menor dependencia del factor antrópico.

### **VIII.1.3.2. De gestión**

Como se puso de manifiesto en el capítulo XX la gestión de la terminal afecta a la capacidad de la misma. También es cierto que muchos ámbitos quedan fuera de la gestión directa del operador de la terminal como es el caso de los factores de demanda (tráfico, buque). Las decisiones relativas al grado de automatización de la instalación, el nivel de desarrollo del TOS y a la gestión del flujo de información con los *stakeholders* que participan en la cadena logístico-portuaria del contenedor son ámbitos que repercuten en la capacidad de la instalación. Por su particular trascendencia, los factores de oferta (infraestructura y superestructura) son objeto de análisis independiente.

## **VIII.1.4. Factores tecnológicos**

### **VIII.1.4.1. Innovaciones**

La innovación es clave en el modelo de desarrollo portuario pues permite a los puertos enfrentarse a los retos de productividad, competitividad, intermodalidad y sostenibilidad que emplaza el escenario actual. Así, facilita el compatibilizar el crecimiento de la demanda con el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y con la reducción de los costes externos asociados con el transporte, de una manera eficaz y eficiente, maximizando la utilización de las infraestructuras y de las instalaciones, incorporando el uso de nuevas tecnologías. Además es el marco para la mejora continua y asegura el cumplimiento de la misión de los puertos, que no es otra que coadyuvar al desarrollo económico y social del país.

La innovación puede aparecer en la estrategia de una empresa (véase Figura 49):

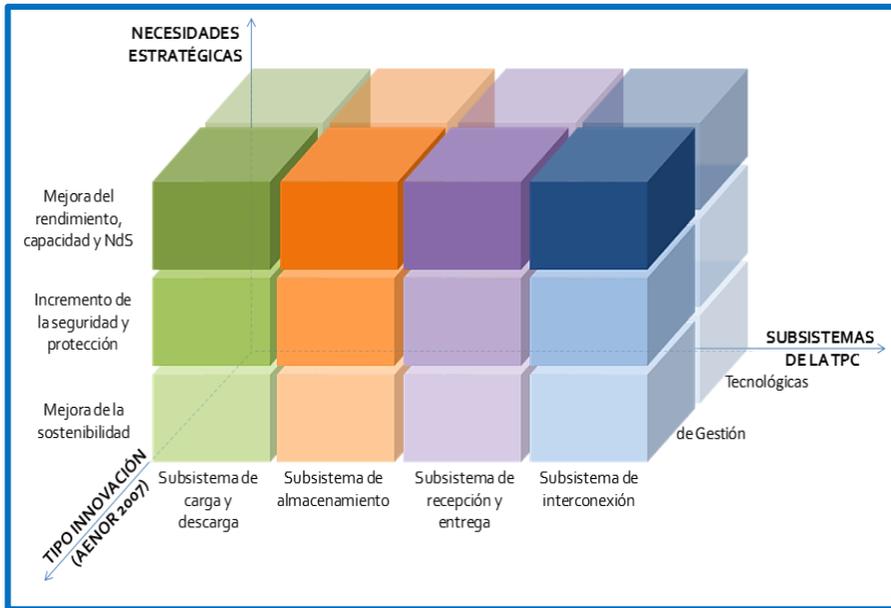
- como valor dentro de la enunciación de la Misión, Visión y Valores, con su correspondiente Política de Innovación;

- como dimensión estratégica dentro de una Propuesta de Valor formulada en base a la diferenciación, es decir innovación en valor para el cliente; como línea estratégica (la modernización); y,
- en la implementación de recursos y procesos innovadores, es decir, en el Plan de Acción.

#### **VIII.1.4.2. Tipología de innovaciones en TCs**

La clasificación de innovaciones en TCs propuesta por Monfort et al. (2012) contempla una triple dimensión:

- 1) atendiendo a la parte de la terminal a la que afecta, un subsistema o la totalidad, de acuerdo al análisis de la terminal como sistema;
- 2) según la clasificación propuesta por AENOR (2007), que distingue entre innovaciones tecnológicas y de gestión; y
- 3) de acuerdo con las necesidades estratégicas, de Planificación y Gestión Estratégica de una TC, tal y como recoge la **Figura 136**.

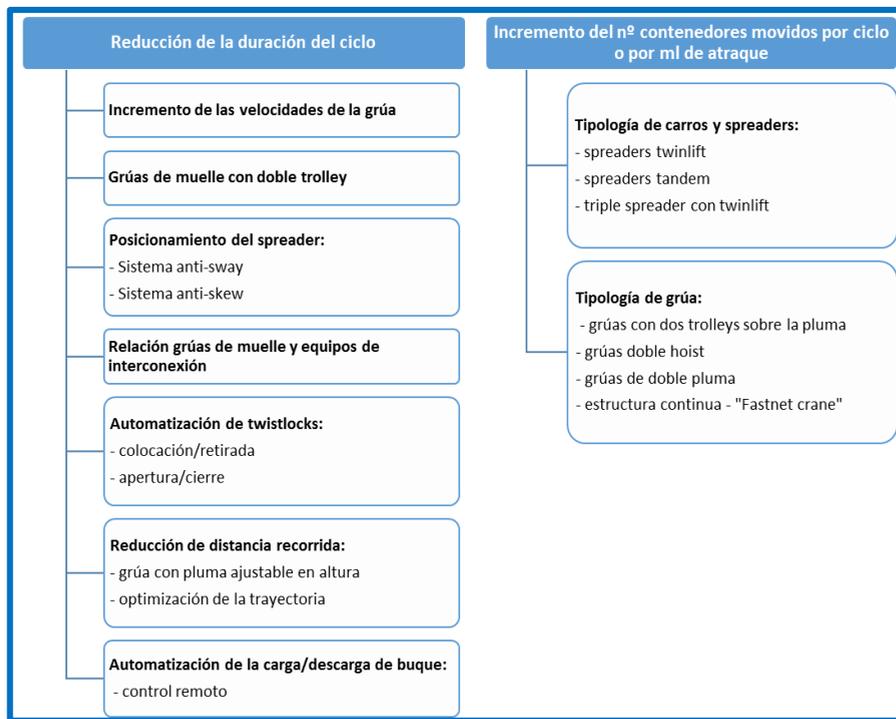
**Figura 136: Tipologías de innovación en TCs: clasificación**

FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

**VIII.1.4.3. Innovaciones tecnológicas**

Las innovaciones tecnológicas en el subsistema de línea de atraque (carga/descarga del buque) son imprescindibles para mantener y mejorar la productividad de las operaciones en los buques portacontenedores cuyo tamaño no ha parado de crecer desde los años cincuenta del pasado siglo. La mejora de la productividad del equipamiento de carga/descarga de la línea de atraque se puede alcanzar a través de la reducción del ciclo, por ejemplo con el incremento de las velocidades de la grúa y *trolley*; e, incrementando el número de contenedores movidos por ciclo (*twinlift spreader*, *tándem spreader*, etc.), o por metro lineal de atraque (doble *hoist*, “Fastnet crane”, etc.) (Tabla 68).

**Tabla 68: Innovaciones tecnológicas en el equipamiento de carga/descarga de la línea de atraque**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2012)

La innovación más radical fue planteada por APM Terminals que patentó en el año 2008 el sistema “Fastnet crane” (**Figura 137**) consistente en una estructura continua con plumas de grúa que permitiría el empleo de un mayor número de grúas simultáneo en los buques y con ello mayor productividad de buque atracado.

**Figura 137: Sistema “Fastnet crane” de APM Terminals**



FUENTE: WWW.APMTERMINALS.COM

## VIII.1.5. Factores de oferta (línea de atraque, superficie, calado)

### VIII.1.5.1. Línea de atraque y equipamiento

#### Línea de atraque

La longitud de la línea de atraque junto con las grúas de muelle son factores determinantes de la capacidad alcanzable en el referido subsistema.

Para la estimación de la capacidad de la línea de atraque es imprescindible caracterizar:

- El sistema de llegadas y de servicios en atraque de los buques
- El número de puestos de atraque (n)
- La calidad de servicio o espera relativa: tiempo de espera/tiempo de servicio; y,
- La productividad de buque atracado, P.

En el presente epígrafe se van a comparar los resultados de 5 modelos de capacidad portuaria para TCs:

- Drewry (1998),
- Drewry (2002) que se mantiene en las publicaciones de 2010 y 2014,
- Drewry (2010) para RTG;
- Ashar (2009); y,
- Monfort et al. (2011)

Para el caso del modelo de Drewry (2010) para terminales de RTG en patio, se han calculado los correspondientes valores unitarios de capacidad por metro lineal de atraque que se recogen en la **Tabla 69**.

**Tabla 69: Drewry (2010): Capacidad unitaria por línea de atraque a partir de la Tabla 51**

Capacidad	Línea atraque	Capacidad atraque
TEUs	metros	TEUs/m
250.000	250	1.000
500.000	375	1.333
750.000	500	1.500
1.000.000	625	1.600
1.250.000	750	1.667
1.500.000	875	1.714
1.750.000	1.000	1.750
2.000.000	1.125	1.778
2.250.000	1.250	1.800
2.500.000	1.375	1.818
2.750.000	1.500	1.833
3.000.000	1.625	1.846
3.250.000	1.750	1.857
3.500.000	1.875	1.867
3.750.000	2.000	1.875

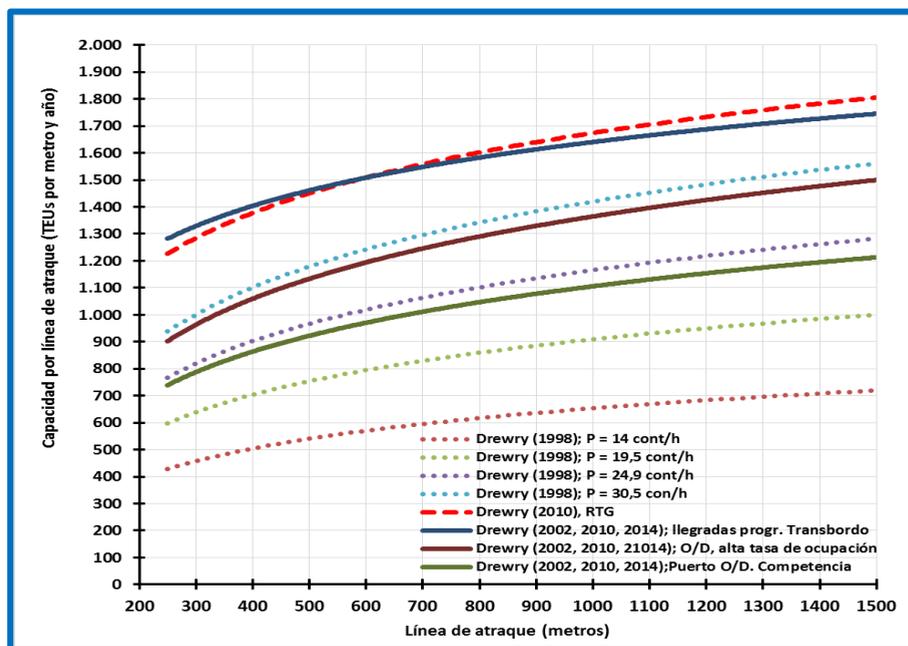
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DREWRY (2010)

En todos los casos, a partir de las recomendaciones de los autores se han construido por regresión logarítmica los correspondientes gráficos con el tamaño de la terminal en abcisas y la capacidad por metro lineal en TEUs en ordenadas.

En la **Figura 138** se comparan los tres modelos de Drewry. Desde el punto de vista conceptual, el modelo de capacidad más robusto de Drewry es el de 1998 por cuanto indica las tasas de ocupación y las productividades de atraque consideradas. Sin embargo, las tasas de ocupación del 60%, 70% y 85% respectivamente para 1, 2 y 3 atraques de 250 m son excesivas y en particular, en términos relativos las correspondientes a 1 y 2 atraques. Por otro lado las productividades de buque atracado contempladas, entre 14 cont/h y 30,5 cont/h también han quedado obsoletas.

La estimación de capacidad de 2002 (mantenida en las publicaciones de 2010 y 2014) no explicita las tasas de ocupación observadas ni las productividades de atraque. Sin embargo en la **Figura 138** se pone de manifiesto que los dos escenarios no ligados al tráfico de transbordo se corresponderían aproximadamente con las productividades de atraque de 24,9 y 30,5 cont/h, para tasas de ocupación similares a las referidas por cuanto las curvas son análogas a las anteriores.

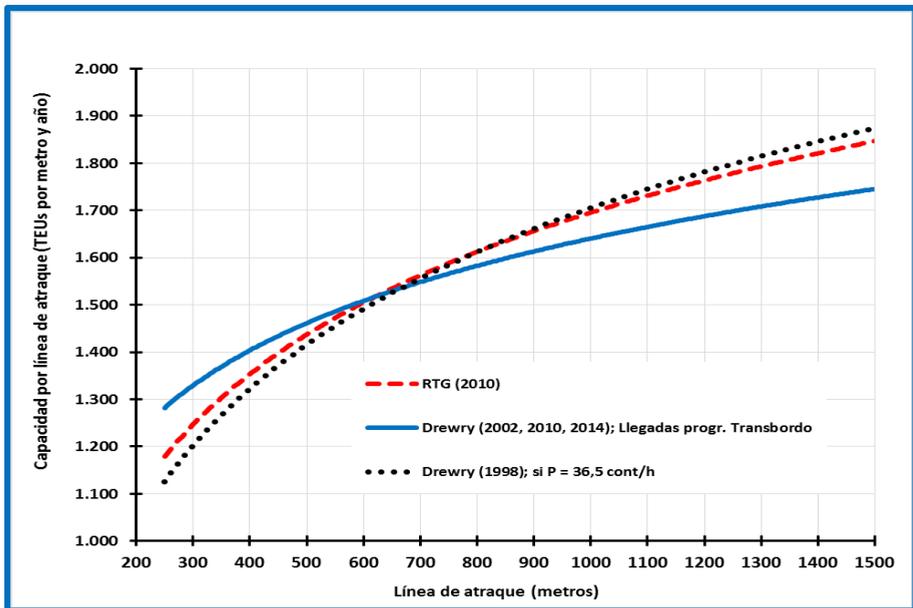
**Figura 138: Drewry: Capacidad anual por metro lineal de una TC: Modelos Dewry 1998, 2002, 2010 y 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (1998, 2002, 2010, 2014)

También el hecho de que la curva correspondiente al sistema RTG del modelo de Drewry de 2010 sea tan similar a la del caso de las terminales de transbordo pone de manifiesto que el modelo de 2002, que no ha sido revisado en 2010 y en 2014, está obsoleto como habrá ocasión de contrastar más adelante a partir de los modelos de Ashar (2009) y Monfort et al. (2011). Por otro lado, si se toma el modelo de 1998 de Dewry para una P de 36,5 se obtiene una curva análoga a las anteriores, y en particular al modelo de Drewry (2010, RTG), como queda plasmado en la **Figura 139**.

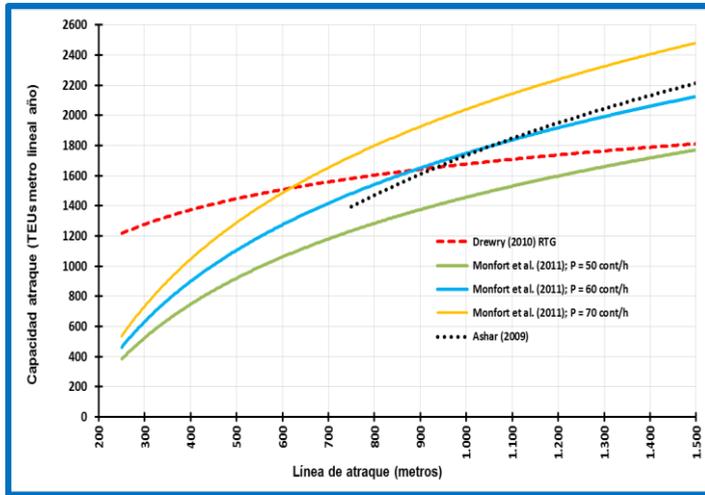
**Figura 139: Ajuste del valor de P en el modelo de Drewry (1998) y contraste con los modelos de 2002/2010/2014 para transbordo y RTG 2020**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: DREWRY (1998, 2002, 2010, 2014)

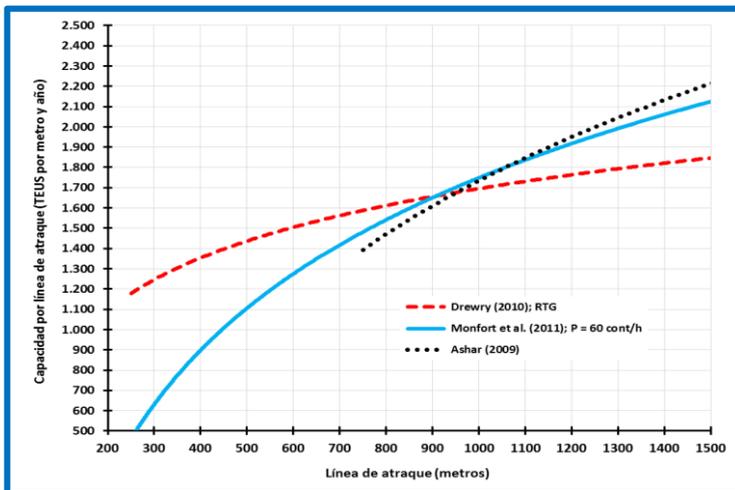
En la **Figura 140** se comparan los modelos de Drewry (2010, RTG) con el de Ashar (2009) y con los de Monfort et al. (2011) para productividades de atraque de 50, 60, y 70 cont/h. En la **Figura 141** se comparan los referidos modelos con mayor detalle para el caso de la productividad de atraque de 60 cont/h de Monfort et al. Llama la atención lo similar que resulta este último con el de Ashar (2009).

**Figura 140: Capacidad anual por metro lineal de atraque: Modelo Ashar (2009). Dewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, P = 50, 60 y 70 cont/h)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: ASHAR (2009), DREWRY (2010) Y MONFORT ET AL. (2011)

**Figura 141: Capacidad anual por metro lineal: detalle de la comparación de los modelos de Ashar (2009), Dewry (2010, RTG) y Monfort et al. (2011, M/E4/n,  $\epsilon = 0,1$ , P = 60 cont/h)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: ASHAR (2009), DREWRY (2010) Y MONFORT ET AL. (2011)

Por debajo de unos 600 metros de línea de atraque el modelo de Drewry está asumiendo, implícitamente, productividades muy por encima de los 70 cont/h quedando hasta los 900 metros entre 60 y 70 cont/h, y hasta 1.500 entre 50 y 60 cont/h. Tales productividades del Modelo de Drewry, decrecientes con la longitud de la línea de atraque no tienen sentido alguno, resultando el de Ashar y el de Monfort et al. mucho más precisos y consistentes para el dimensionamiento de la capacidad de una terminal por línea de atraque.

### Equipamiento de la línea de atraque: grúas de muelle

La grúa de muelle es el equipamiento básico de la línea de atraque a la hora de ofertar la producción que demandan los buques. Desde el lado de la oferta, la productividad de atraque,  $P$ , depende de la productividad individual de la grúa y del número de unidades empleadas (intensidad) a lo largo del tiempo de estancia en el atraque.

A la hora del dimensionamiento, los indicadores más empleados son el de movimientos (contenedores, TEUs) anuales por grúa y el de su distanciamiento en la línea de atraque, expresado en metros.

La producción anual alcanzable por grúa depende de la productividad y del número de horas empleadas. El principal limitante del número de horas es la propia tasa de ocupación del muelle. Así, de forma estructural (teoría de colas), para la misma calidad de servicio, podrá ser mayor el empleo del recurso grúa de muelle en las terminales con mayor número de puestos de atraque.

En la **Tabla 70** se calcula la capacidad unitaria por equipamiento para el modelo de Drewry (2010), tipología RTG.

**Tabla 70: Drewry (2010): Capacidad unitaria por equipamiento de atraque a partir de la Tabla 51**

Capacidad TEUs	Línea atraque metros	Grúas nº	Capacidad carga/descarga	
			TEUs/grúa	m/grúa
250.000	250	2	125.000	125
500.000	375	3	166.667	125
750.000	500	4	187.500	125
1.000.000	625	5	200.000	125
1.250.000	750	7	178.571	107
1.500.000	875	8	187.500	109
1.750.000	1.000	9	194.444	111
2.000.000	1.125	10	200.000	113
2.250.000	1.250	11	204.545	114
2.500.000	1.375	13	192.308	106
2.750.000	1.500	14	196.429	107
3.000.000	1.625	15	200.000	108
3.250.000	1.750	16	203.125	109
3.500.000	1.875	17	205.882	110
3.750.000	2.000	19	197.368	105

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DREWRY (2010)

Para terminales a partir de los 375 metros de línea de atraque, la horquilla de productividad anual de grúa va de 166.675 a 205.000 TEUs por grúa, con distanciamientos de grúas entre 105 y 125 metros. En función del ratio TEUs/cont de la terminal el referido intervalo anual por grúa se extiende entre 104.172 cont/grúa y 146.429 cont/grúa para valores del ratio entre 1,4 y 1,6. Considerando una utilización del 60% de las horas anuales, la productividad horaria resultante varía entre 19,8 y 27,9 cont/h (Tabla 71).

**Tabla 71: Drewry: Productividad anual y horaria por grúa. Modelo Drewry**

TEUs/grúa año	TEUs/Cont	Cont/grúa año	Horas año	Utilización (h) (60% uso)	Cont/h
166.675	1,4	119.054	8.760	5.256	22,7
166.675	1,5	111.117	8.760	5.256	21,1
166.675	1,6	104.172	8.760	5.256	19,8
205.000	1,4	146.429	8.760	5.256	27,9
205.000	1,5	136.667	8.760	5.256	26,0
205.000	1,6	128.125	8.760	5.256	24,4

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DREWRY (2010)

### VIII.1.5.2. Superficie y equipamiento

#### Superficie de almacenamiento (patio)

En la **Tabla 72** se ha calculado para el referido modelo de capacidad de Drewry (2010) la capacidad unitaria por superficie que resulta constante en un ratio de 75.758 TEUs/ha.

**Tabla 72: Drewry: Capacidad unitaria por superficie a partir de la Tabla 51**

Capacidad	Superficie	Capacidad superficie
TEUs	ha	TEUs/ha
250.000	3,3	75.758
500.000	6,6	75.758
750.000	9,9	75.758
1.000.000	13,2	75.758
1.250.000	16,5	75.758
1.500.000	19,8	75.758
1.750.000	23,1	75.758
2.000.000	26,4	75.758
2.250.000	29,7	75.758
2.500.000	33,0	75.758
2.750.000	36,3	75.758
3.000.000	39,6	75.758
3.250.000	42,9	75.758
3.500.000	46,2	75.758
3.750.000	49,5	75.758

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DREWRY (2010)

#### Equipamiento del patio: grúas de patio

Finalmente, se ha calculado para el modelo Drewry (2010) la capacidad unitaria por equipamiento de patio que pivota en torno a los 60.000 TEUs por RTG (**Tabla 73**).

**Tabla 73: Drewry: Capacidad unitaria por equipamiento de patio a partir de la Tabla 51**

Capacidad TEUs	Superficie ha	Grúas nº	RTG nº	F. vacíos nº	Capacidad equipamiento patio		
					RTG/grúa	RTG/ha	TEUs/RTG
250.000	3,3	2	4	1	2,0	1,2	62.500
500.000	6,6	3	8	2	2,7	1,2	62.500
750.000	9,9	4	13	3	3,3	1,3	57.692
1.000.000	13,2	5	17	5	3,4	1,3	58.824
1.250.000	16,5	7	21	6	3,0	1,3	59.524
1.500.000	19,8	8	25	7	3,1	1,3	60.000
1.750.000	23,1	9	29	8	3,2	1,3	60.345
2.000.000	26,4	10	33	9	3,3	1,3	60.606
2.250.000	29,7	11	38	10	3,5	1,3	59.211
2.500.000	33,0	13	42	12	3,2	1,3	59.524
2.750.000	36,3	14	46	13	3,3	1,3	59.783
3.000.000	39,6	15	50	14	3,3	1,3	60.000
3.250.000	42,9	16	54	15	3,4	1,3	60.185
3.500.000	46,2	17	59	16	3,5	1,3	59.322
3.750.000	49,5	19	63	17	3,3	1,3	59.524

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DREWRY (2010)

### VIII.1.5.3. Calado

El calado, tanto del acceso marítimo a la terminal como de los puestos de atraque es una condición necesaria en la conformación de la oferta de una terminal de contenedores. Aquellos operadores que manejan terminales con varios calados –algunos reducidos- ven limitada la capacidad por cuanto disminuyen la oferta de puestos de atraque para los buques de calados mayores. De manera análoga aplica en los casos en que el calado de acceso marítimo es variable por efecto de las mareas.

El espectacular crecimiento de los mayores buques portacontenedores se ha venido produciendo en eslora y en manga, habiendo quedado el calado estable en los 16 m por cuanto ya es suficientemente restrictivo. Por ejemplo, en el norte de Europa tan sólo 11 puertos ofertan calados en el entorno de los 17 metros.

### VIII.1.6. Modelo el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio y capacidad de una TC

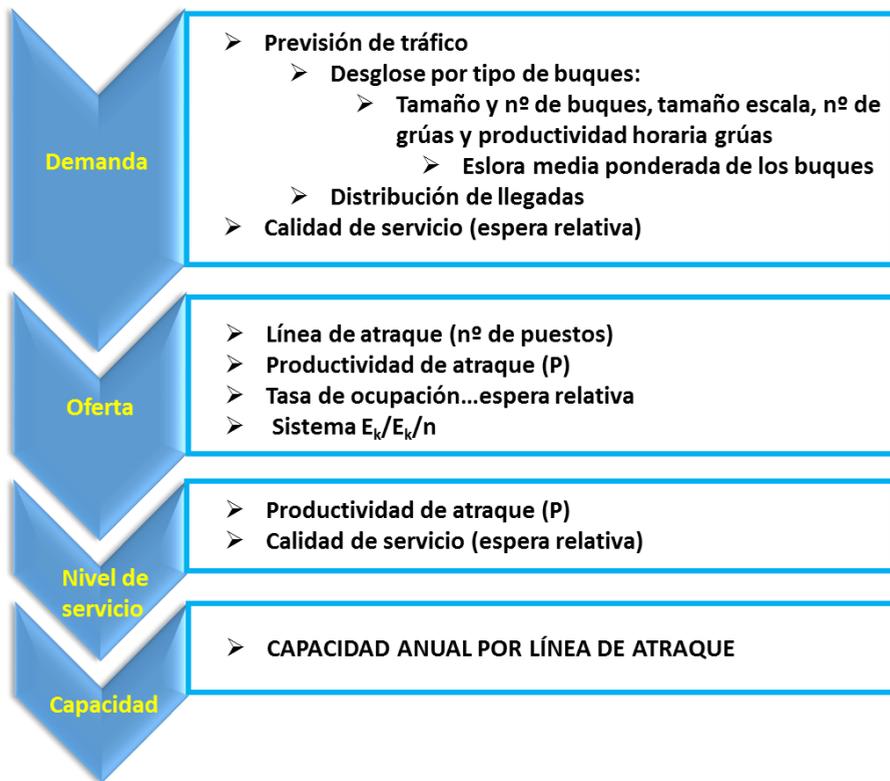
A la hora de la sistematización del dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio de una terminal de contenedores, los factores de entorno (climatológicos y meteorológicos), antrópicos y de gestión y los tecnológicos no disponen de indicadores al uso que permitan conformar un modelo práctico acorde con el objetivo referido. Los de entorno y los antrópicos, en lo relativo a la organización de la estiba determinan los días operativos anuales de la terminal. Por otro lado, el nivel de gestión de la terminal que incluye las innovaciones incorporadas en equipos y procesos acotan parcialmente la productividades alcanzadas por las grúas individualmente y en su conjunto.

Son los factores de demanda y de oferta los de mayor peso en el dimensionamiento del nivel de servicio y de la correspondiente capacidad por línea de atraque de la terminal. Se trata de que la oferta alcance la capacidad necesaria en los distintos horizontes temporales conforme a la correspondiente previsión de tráfico. Para ello se requiere que ésta estime el volumen de la demanda con el tiempo diferenciando por tamaños de buques, tamaños de escalas y expectativa de productividades de atraque. El modelo permite el cálculo de la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques y de la productividad de atraque  $P$  de las escalas para cada año.

A partir del dato de la eslora media ponderada, aplicando el correspondiente coeficiente de separación entre buques se dimensiona la longitud del puesto de atraque tipo. Seguidamente, en función de los sistemas de llegadas considerados  $E_k/E_k/n$  se alcanza la evolución anual de la tasa de ocupación que deberá quedar acotada por la correspondiente a la calidad de servicio (espera relativa) a ofertar en la instalación. Así pues, productividad de atraque y calidad de servicio (espera relativa conforman las dos componentes del nivel de servicio de línea de atraque a la que le corresponde una capacidad. Con carácter anual e incluso mensual debe realizarse el seguimiento de los dos indicadores de nivel de servicio cuyas metas deben quedar acotadas en el correspondiente contrato. Del mismo modo que se revisan las tarifas, debe seguirse la evolución de los indicadores e incluso

revisar las metas por cuanto se trata de contratos de muy largo plazo y el mercado está en permanente evolución. En la **Figura 142** se esquematiza el modelo (que se completa con un ejemplo en el epígrafe IX.3.3) de dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio por línea de atraque de una terminal de contenedores que acota la correspondiente capacidad anual de la terminal para tal subsistema.

**Figura 142: Modelo para el dimensionamiento y seguimiento del nivel de servicio de una TC**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### VIII.1.7. Caso Puerto de Valencia: Análisis de productividad, nivel de servicio y capacidad 1970-2015

En la Memoria de la Junta del Puerto de Valencia del año 1972 se expresa la situación en los primeros pasos del contenedor en el puerto:

*"hasta mediados del año, el tráfico de contenedores se venía realizando en unas condiciones que sólo la capacidad de improvisación podía superar. Este año se ha puesto en servicio una estación terminal privada, como consecuencia de un concurso para el contrato de la gestión de los servicios públicos de carga y descarga de contenedores. Pues bien, a los seis meses de esta instalación se ha podido comprobar la superación de todos los órdenes de las previsiones del contrato, en cuanto al mínimo de unidades manipuladas".*

El referido concurso público es adjudicado a Marítima Valenciana, S.A., formalizándose la correspondiente escritura notarial del contrato, por 5 años (posteriormente prorrogado a 10), el 30 de diciembre de 1.972. La "miniterminal" queda ubicada en el Espigón del Turia Norte (**Figura 143**) contando con una superficie de 7,1 ha, y una grúa -"la Liebherr"- como medio de carga/descarga en una línea de atraque de 135 m., con 9 m. de calado. En el año 1.979 entra en servicio la terminal en el nuevo emplazamiento de la Prolongación del Muelle de Levante (**Figura 144**). La superficie disponible era de 6,4 ha, la línea de atraque de 495 m con 14 m de calado y un equipamiento de muelle de dos grúas Portainer.

**Figura 143: La grúa Liebherr en la “miniterminal” de contenedores del Puerto de Valencia. Año 1973**



FUENTE: PUERTO AUTÓNOMO DE VALENCIA (1973)

**Figura 144: Terminal en la Prolongación del Muelle de Levante del Puerto de Valencia. Año 1979**

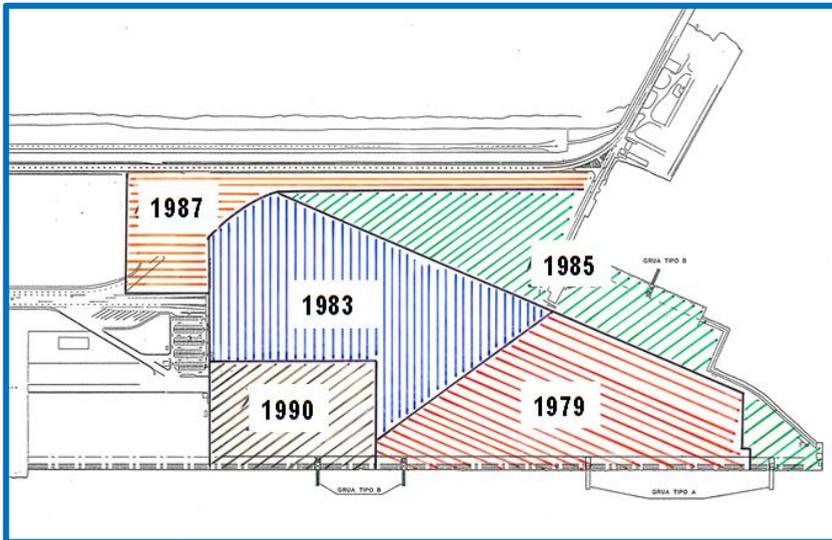


FUENTE: PUERTO AUTÓNOMO DE VALENCIA (1979)

Según Del Moral (Moral del. 1990) *“en aquellos momentos, al terminarse el plazo de la concesión de la terminal hubo grandes presiones, al no existir espacio físico para una segunda terminal, para, aludiendo razones de una mayor competencia, dividir la concesión en dos terminales más pequeñas. Con la división salomónica se hubiera conseguido dos medianas terminales de un atraque cada una. Sin embargo, existe un umbral técnico de dimensión de cualquier instalación por debajo del cual no puede conseguirse las ventajas de explotación que aquel umbral asegura y que, en este caso, se concretan en que una instalación especializada de este tipo no puede estar constreñida a un solo atraque. Ello impediría disponer de la flexibilidad necesaria frente a la recepción de los barcos que van llegando a la instalación, de forma que, para la misma calidad de servicio, disminuiría sensiblemente el tráfico absorbible o, para el mismo tráfico, los tiempos de espera aumentarían notablemente... Fueron estas cuestiones técnicas y la intuición de tener una fe ciega en el futuro del segmento creciente del contenedor, las razones que empujaron a invertir con valentía en una única pero potente terminal de contenedores, con un modelo de servicio basado en la intensiva utilización de los recursos, más que en la diversificación de las instalaciones, con la preconcebida finalidad de hacer efectivas las economías de escala y asegurar costes competitivos”*.

El correspondiente concurso de explotación de la terminal fue, de nuevo, ganado por Marítima Valenciana, S.A., siendo en esta ocasión el plazo de la concesión de 15 años (1.983-1.997). La nueva instalación dispuso inicialmente de una línea de atraque de 495 m. con 14 m. de calado, y una superficie de aproximadamente 14,9 ha. A mediados de 1994 (**Figura 145**), la terminal contaba con 815 m (590/225 m. con 14/9 m. de calado) en el atraque principal y de 173 m en el atraque feeder de 9 m de calado, una superficie total de 26,4 ha y 5 grúas de muelle (dos de ellas post-panamax).

**Figura 145: Evolución espacial 1979-1994 de la TC en el Muelle de Levante del Puerto de Valencia**



FUENTE: MONFORT (1994)

En la **Tabla 74** se resume la evolución 1973-1993 de los indicadores de productividad por línea de atraque y por superficie de la Terminal Pública de Contenedores (TPC) del Puerto de Valencia. En el momento de la decisión de la Ampliación Sur del Puerto de Valencia (finales de los 80) se estaban movilizandos unos 260 TEUs/m año por línea de atraque y unos 9.000 TEUs/ha y año.

**Tabla 74: Indicadores de productividad de la TPC. Evolución 1973-1993**

	Línea de atraque	Calado	Superficie	Tráfico	Productividad línea de atraque	Productividad superficie
Año	m	m	ha	TEUs	TEUs/m	TEUs/ha
1973	135	9	2	21.771	161	10.886
1976	270	9/11	4,5	44.545	165	9.899
1979	495	14	6,4	64.105	130	10.016
1983	495	14	14,9	98.643	199	6.620
1985	590/176	14/9	19,8	189.845	248	9.588
1987	590/176	14/9	23,2	199.415	260	8.595
1990	590/401	14/9	26,4	253.834	256	9.615
1993	590/401	14/9	26,4	256.650	259	9.722

FUENTE: MONFORT (1994)

En 1989-1990, Escutia y Monfort (1990), al acometer el análisis de la capacidad del Puerto de Valencia y de la denominada Ampliación Sur del mismo (Muelle Príncipe Felipe) emplean la siguiente metodología:

- Cálculo de la productividad de atraque (TEUs/hora) histórica 1986 a 1989
- A partir de los datos históricos se plantean las siguientes hipótesis:
  - o Productividad para capacidad 1990: 20 TEUs/hora
  - o Primera fase del Muelle Príncipe Felipe: 25 TEUs/hora, incrementando un 25% los 20 TEUs/hora de 1990
- Segunda fase: 30 TEUs/hora, incrementando un 50% los 20 TEUs/hora de 1990.

Atendiendo a la eslora de los buques empleados se acababa estimando una capacidad de unos 1.100 TEUs/m en el desarrollo completo de la alineación principal de atraque de la Ampliación Sur, es decir, aproximadamente 1.700.000 TEUs anuales.

### **Plan Estratégico (2001-2015, ampliado a 2020)**

La previsión de tráfico del Plan Estratégico de 2001 con horizonte 2015 proyectaba en tal horizonte un tráfico de 4 millones de TEUs que se alcanzó anticipadamente en el año 2010, partiendo por debajo de los dos millones en el año 2002.

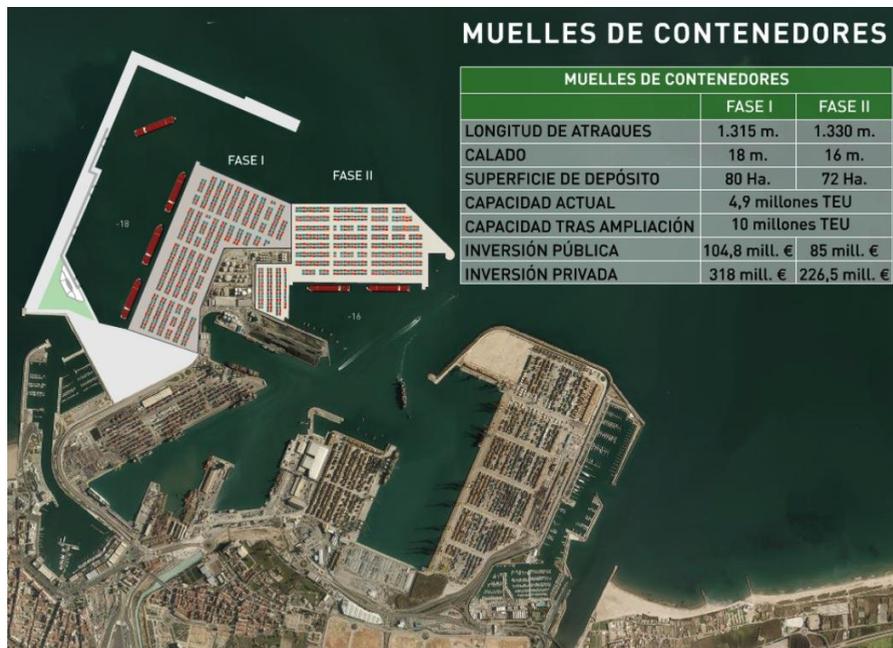
### **Plan Director (2006)**

La APV al abordar la capacidad del Puerto de Valencia en el contexto del Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Valencia estimó un ratio de 1.000 TEUs/m en la Dársena Sur (hoy Noatum y MSC) y de 530 TEUs/m en la zona de Levante (TCV). La capacidad resultante aplicando los referidos ratios sobre las

líneas de atraque se situaba en el entorno de los 4 millones de TEUs. Para la ampliación la capacidad se estimaba con un ratio de 1.250 TEUs/m.

Con motivo de la inauguración de las obras de abrigo de la Ampliación Norte (abril de 2012), la APV revisaba la capacidad estimada situando la actual en 4,9 millones de TEUs y en 10 millones la alcanzable tras el total desarrollo de la Ampliación Norte, contemplando una significativa mejora en la capacidad por metro lineal de línea de atraque (**Figura 146**).

**Figura 146: Estimación de la capacidad para el tráfico de contenedores del Puerto de Valencia**



FUENTE: APV

En la actualidad el Puerto de Valencia oferta tres terminales de contenedores, dos abiertas a cualquier línea de navegación y una dedicada (**Figura 147**).

**Figura 147: Terminales de contenedores en el Puerto de Valencia.  
2015**



FUENTE: APV

#### **VIII.1.7.1. La terminal pública TCV- puerto de valencia**

Como se ha referenciado, la TC pública hoy explotada por TCV se configura a finales de los años 70 en la prolongación del Muelle de Levante.

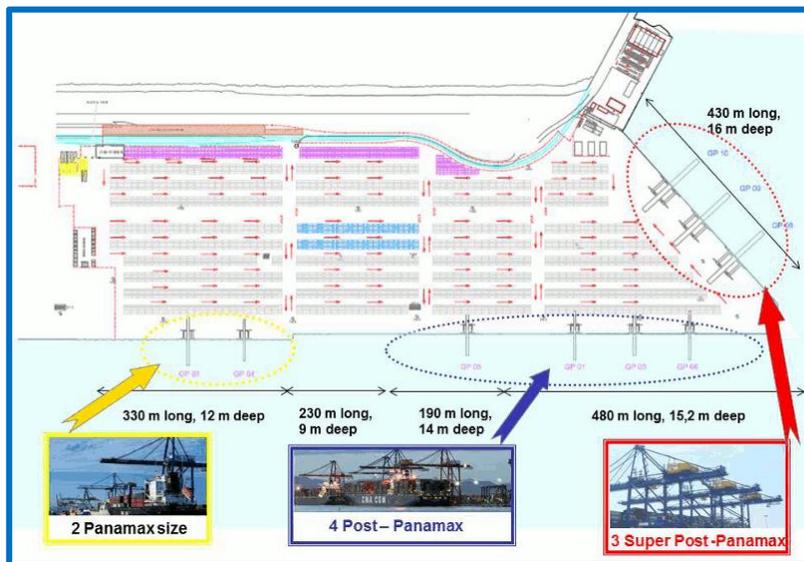
En la actualidad, y tras la correspondiente expansión y mejora de la línea de atraque y superficie, la TC pública concesionada a **TCV** cuenta con una superficie total de 50,2 ha y dispone de 1.130 metros en el Muelle de Levante y de 430 metros en el Muelle de Llovera con la distribución de atraques, calados y equipamiento que se muestran en la **Figura 148** y en la **Figura 149**.

**Figura 148: Atraques de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia**



FUENTE: WWW.TCV.ES

**Figura 149: Equipamiento, longitudes de atraque y calados de la TC explotada por TCV en el Puerto de Valencia**



FUENTE: WWW.TCV.ES

### VIII.1.7.2. Análisis de capacidad de la terminal PÚBLICA NOATUM- puerto de valencia

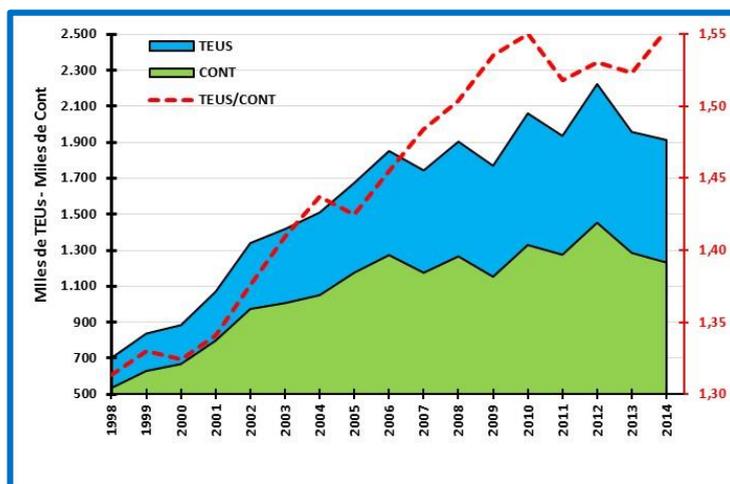
Seguidamente se acomete el análisis de la capacidad por línea de atraque de la terminal pública concesionada a Noatum en el Puerto de Valencia empleando la metodología de análisis de factores presentada en la tesis, a partir de los datos de las operaciones marítimas de los buques que han atracado en la terminal desde 1998 a 2014.

#### Factores de demanda

##### Tráfico

La terminal movilizó en el periodo 1998-2014 el tráfico que se plasma en la **Figura 150** pasando de unos 535 mil contenedores en 1998 a un millón 232 mil contenedores en 2014, con un crecimiento del 130% en dieciséis años. Dado que el indicador TEUs/contenedores ha pasado en el periodo indicado de 1,31 a 1,55, el crecimiento, expresado el tráfico en TEUs, se sitúa en el 173%.

**Figura 150: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tráfico marítimo**

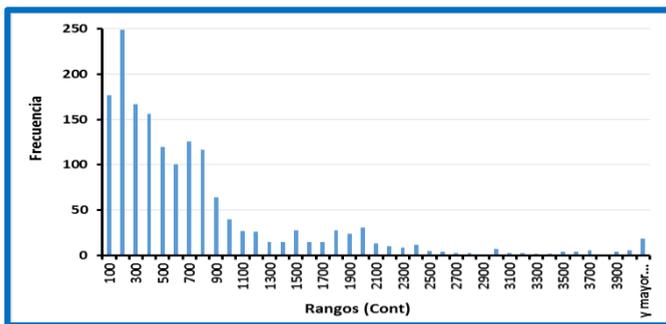


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

**Número de contenedores por buque**

La distribución del indicador de **número de contenedores por buque** para el año 2014 se plasma en la **Figura 151**. Se observa que el rango de mayor frecuencia en la instalación es entre 100 y 200 contenedores, situándose la media en 736 contenedores por buque.

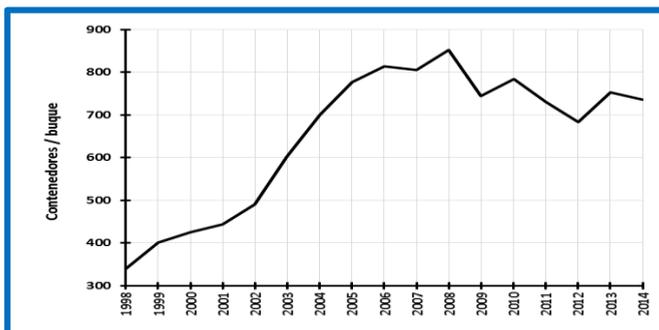
**Figura 151: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En el periodo 2008-2014, el número medio de contenedores por buque osciló entre unos 340 y 850 contenedores por buque, según se plasma en la **Figura 152**, habiendo pasado en el referido periodo de 341 a 736 contenedores por buque, con un crecimiento del 116%.

**Figura 152: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de número de contenedores por buque**



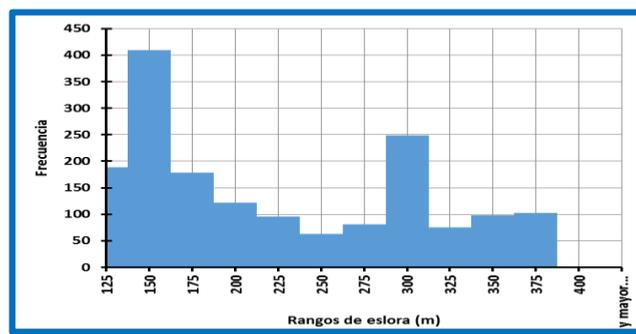
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

## Buques

### Eslora media de los buques

Los **rangos de esloras** con mayor presencia en la instalación, para el año 2014 son dos: 125-150 m y 275-300 m (**Figura 153**), característicos de una TC de tráfico “hub and spoke”. La eslora media alcanzó en 2014 los 212,7 metros.

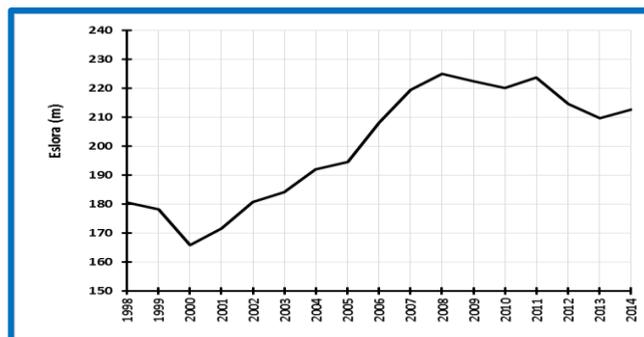
**Figura 153: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 154** se plasma la evolución de la eslora media de los buques que en el periodo 1998-2014 se incrementó en un 17,8%, pasando de 180,5 a 212,7 metros.

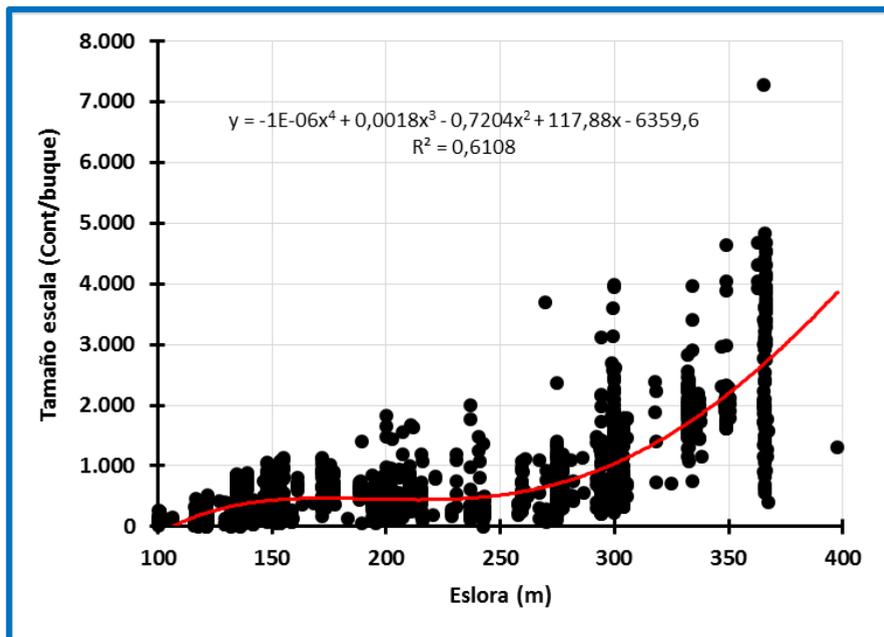
**Figura 154: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 155** se correlacionan las dos variables de demanda presentadas: tamaño de buque a través de su eslora y tamaño de escala en términos de contenedores por buque, para la totalidad de los buques operados en el año 2014.

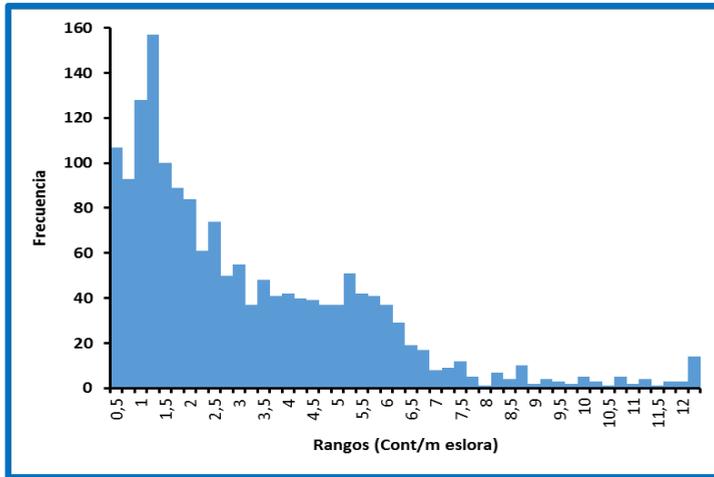
**Figura 155: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La presente tesis propone el análisis de la función de demanda del subsistema de línea de atraque (carga/descarga) a través del indicador de **contenedores por metro de eslora** que combina las dos variables de demanda analizadas en los párrafos anteriores. Tal variable, para el año 2014, se distribuyó de acuerdo con una función aleatoria como plasma la **Figura 156**, con un promedio de 3,46 cont/m de eslora.

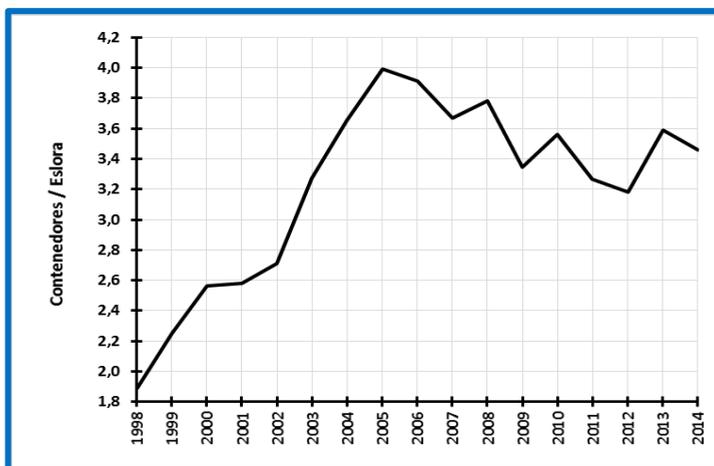
**Figura 156: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

El indicador de contenedores por metro de eslora de buque se ha mantenido en el periodo 1998-2014 entre 1,9 y 4,0 (Figura 157).

**Figura 157: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

## Factores de oferta

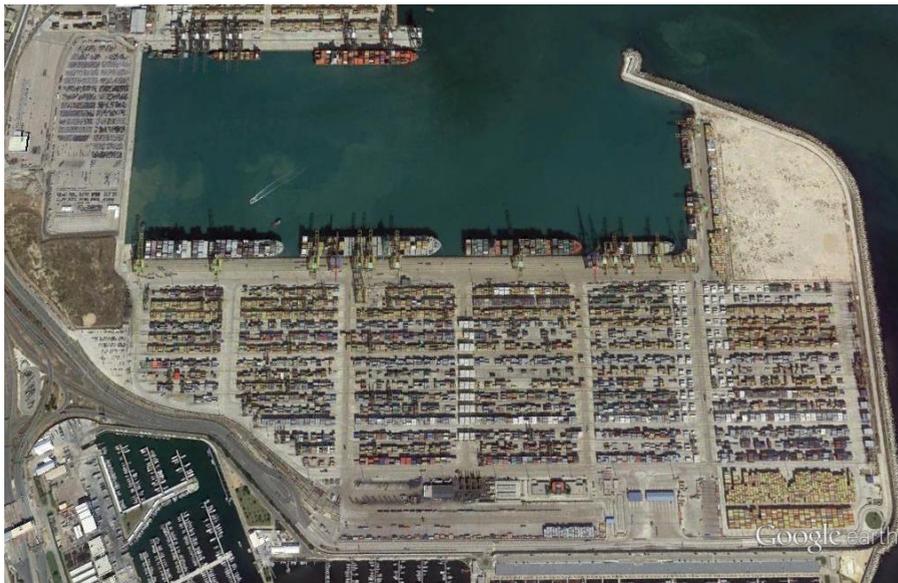
### *Línea de atraque y número de puestos de atraque*

La oferta de la terminal en el subsistema de línea de atraque se conforma en primera instancia a través de la longitud de la línea de atraque y el número de grúas de muelle.

### *Línea de atraque y número de puestos de atraque*

La TC pública concesionada a Noatum cuenta con una superficie total de 112,4 ha y cuenta con 1.450 metros de línea de atraque en el Muelle Príncipe Felipe y 330 metros en el Muelle del Este con un calado de 16 metros. Dispone de 19 grúas de muelle siendo el RTG el equipamiento de patio. (**Figura 158**).

**Figura 158: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Agosto 2012**



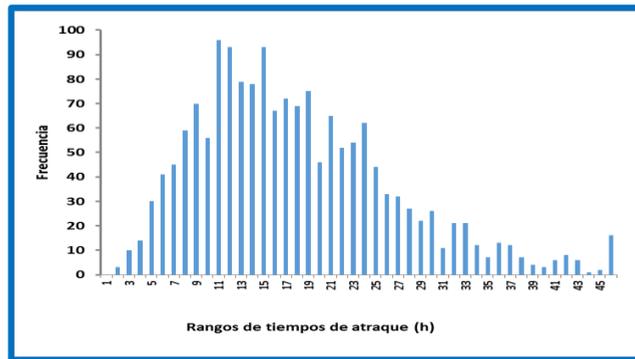
FUENTE: GOOGLE EARTH

El tiempo de estancia de los buques en la línea de atraque depende en gran medida del número y productividad de las grúas de muelle empleadas en su

operación. El número de contenedores manipulados en el tiempo de estancia en el atraque es la **Productividad de atraque del buque: P**.

En 2014, los **tiempos de estancia en atraque** se distribuyeron de acuerdo con una función Erlang 7 con un tiempo de estancia medio de 15,9 horas (**Figura 159**).

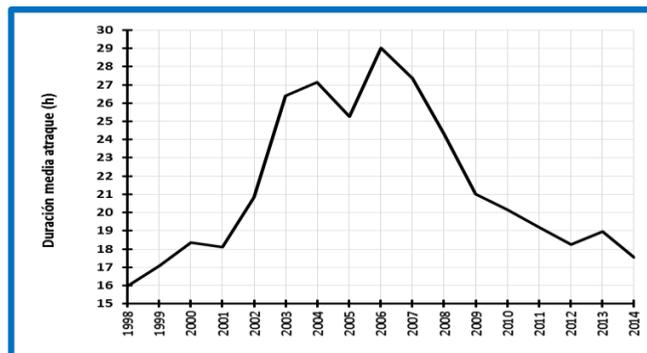
**Figura 159: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La **Figura 160** plasma la evolución 1998-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la terminal, que ha pasado en tal periodo de 16 a 17,5 h con un incremento del 9,6%.

**Figura 160: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

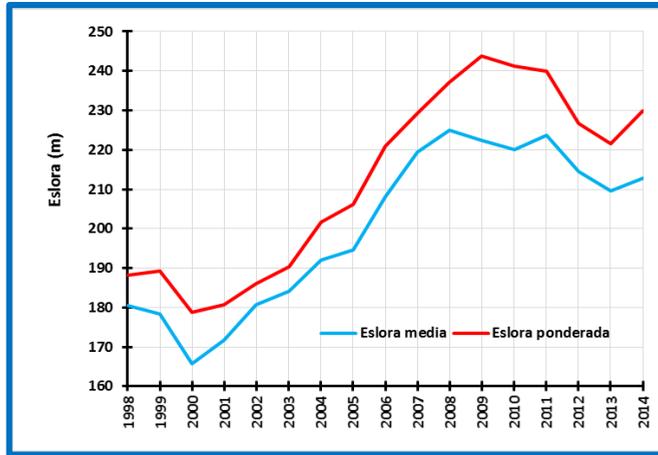
En función de la eslora de los buques, la línea de atraque de la terminal puede acomodar hasta 7 buques (**Figura 161**). La evolución de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de estancia de los buques que han operado en la terminal en el periodo 1998-2014 se plasma en la **Figura 162**. La eslora ponderada máxima se alcanza en el año 2009 con una longitud aproximada de 244 metros, siendo la eslora media de 222 m. En el periodo 1998-2014 las referidas esloras han crecido el 22,2 y el 17,8%, respectivamente.

**Figura 161: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Enero 2007**



FUENTE: GOOGLE EARTH

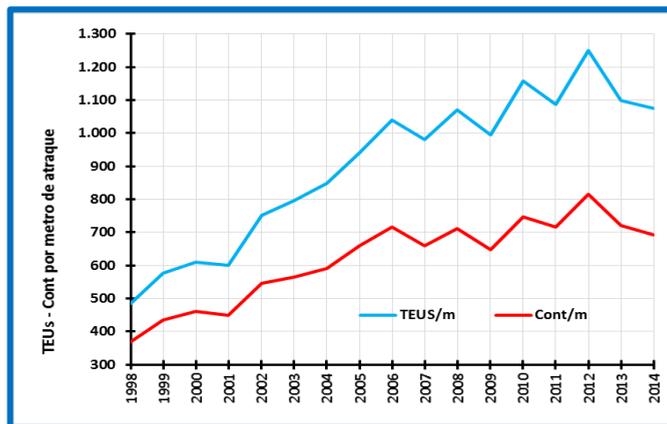
**Figura 162: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La **Figura 163** plasma la evolución 1998-2014 del indicador de **tráfico por metro de línea de atraque**, expresado en contenedores y en TEUs. En el referido periodo se ha pasado de 369 a 692 cont/m y de 484 a 1.075 TEUs/m con crecimientos del 87 y 121%, respectivamente.

**Figura 163: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

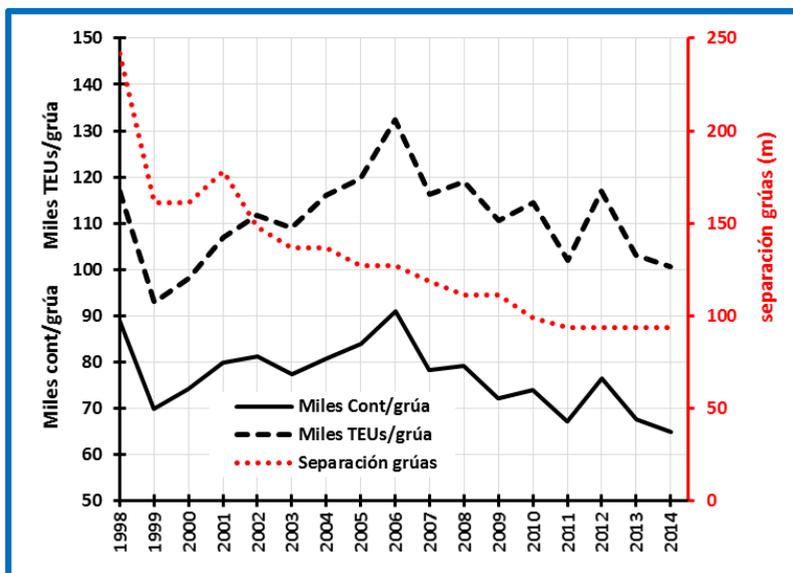
**Tráfico por grúa y distancia entre grúas**

En la **Figura 164** se recoge la evolución 2008-2014 de

- El **tráfico anual por grúa de muelle**, expresado en contenedores y en TEUs; y,
- La **separación entre las grúas de muelle** en la línea de atraque.

En el referido periodo se ha pasado de 89 a 65 mil contenedores por grúa y de 117 a 101 mil TEUs por grúa con una disminución del 27 y 14%, respectivamente. En el periodo, la separación entre grúas pasó de 242 a 94 metros.

**Figura 164: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de los indicadores de tráfico anual por grúa de muelle y separación entre grúas**

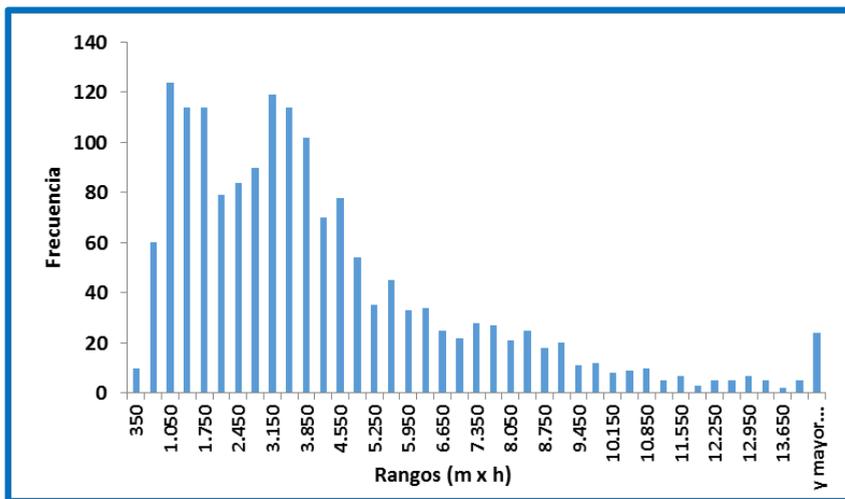


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### Ocupación de atraque

En 2014, el indicador de **eslora por hora de atraque** (m x h) se distribuyó conforme recoge la **Figura 165**, situándose el valor medio en 4.029 metros por hora. Se trata del indicador que facilita el cálculo de la tasa de ocupación de la terminal.

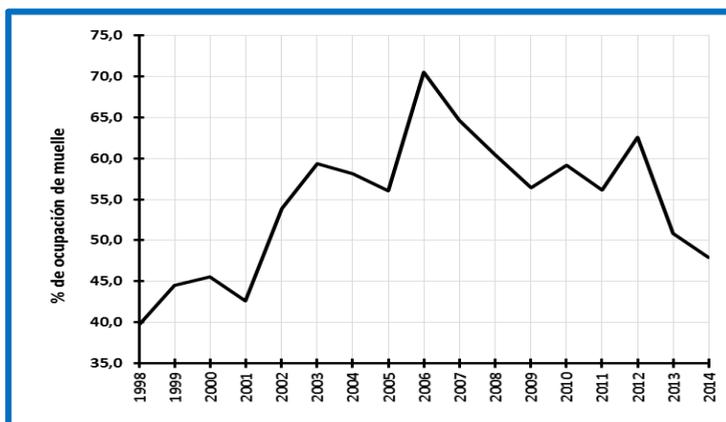
**Figura 165: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 166** se dispone la evolución 1998-2014 de la tasa de ocupación de la línea de atraque encuadrada entre el 39,7 y el 70,5%, pasando de 39,7 a 45,4% con un crecimiento del 20,6%. Se ha tomado un coeficiente del 10% sobre la eslora como distancia entre buques atracados.

**Figura 166: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%)**



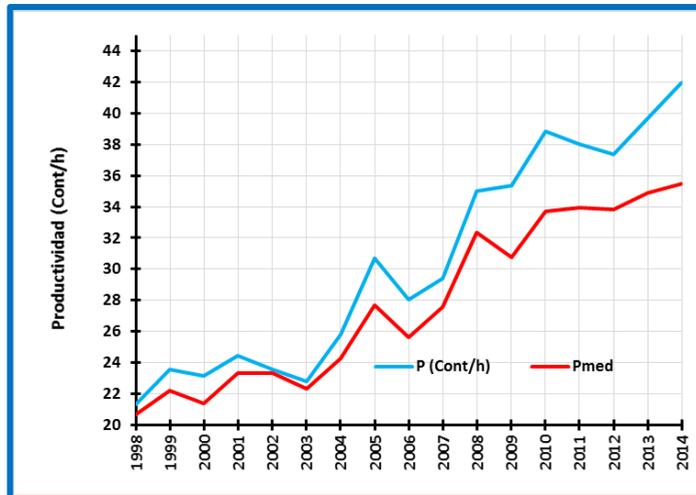
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### ***Productividad de atraque (P)***

La productividad de atraque (P) es el indicador que determina la duración de las escalas y con ello el % de ocupación de la línea de atraque como respuesta a la función de demanda definida en términos de contenedores por metro de eslora.

Hay que diferenciar la productividad media de los buques que atracan en la instalación, de la productividad de atraque definida en la fórmula de capacidad por línea de atraque calculada como la suma de los contenedores movilizados dividido por los tiempos de estancia en atraque. En la **Figura 167** se plasma la evolución para el periodo 1998-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P). En el año 2014 alcanzaron respectivamente 35,5 y 42 cont/h de estancia en atraque, respectivamente.

**Figura 167: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P)**

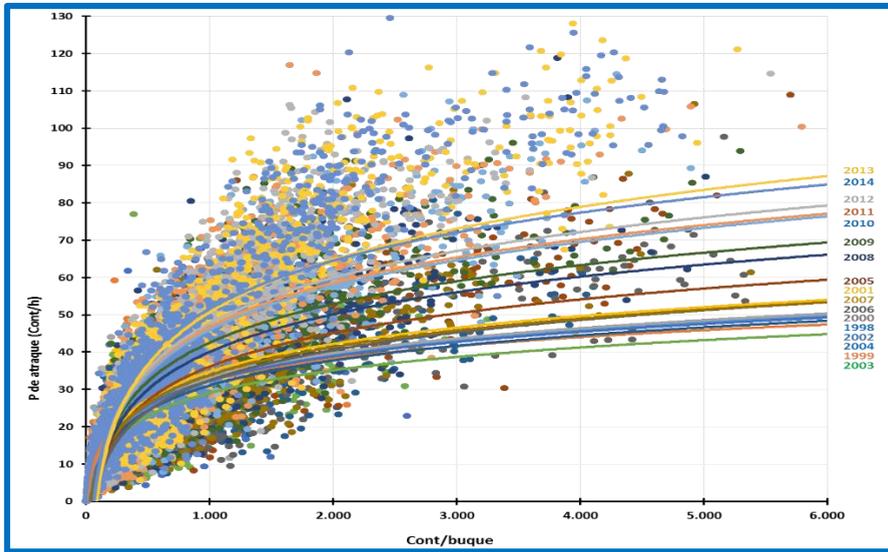


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 168** se muestra la evolución de la productividad de atraque de los buques operados en la terminal en el periodo 1998-2014. Cada punto es un buque. Las líneas de tendencia de la productividad de buque atracado en función del tamaño de las escalas (cont/buque) se han ajustado, para cada año, mediante regresión con funciones logarítmicas.

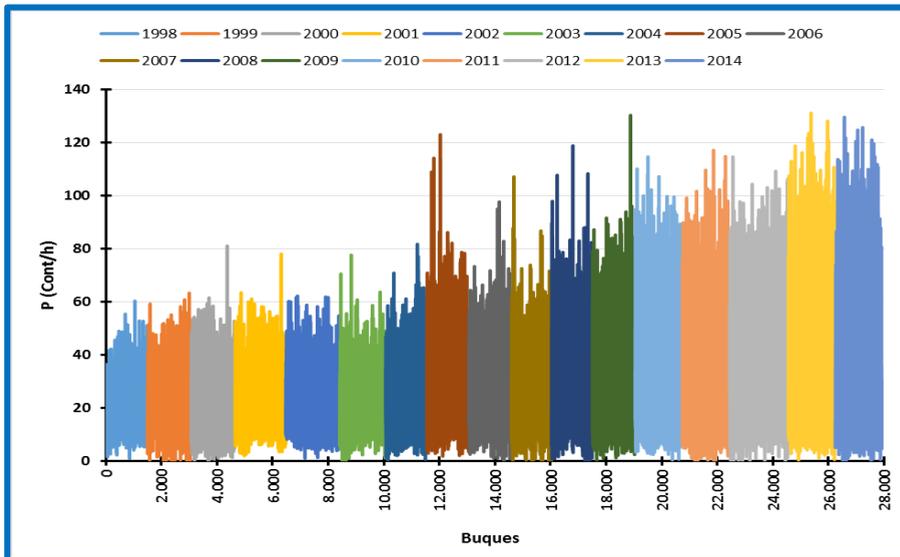
La **Figura 169** aporta la evolución de la productividad empleando la variable temporal en el eje de abscisas. Se produce una mejora palpable de la productividad en el periodo 1998-2014 (que asimismo se observa en la **Figura 168**).

**Figura 168: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 1998-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

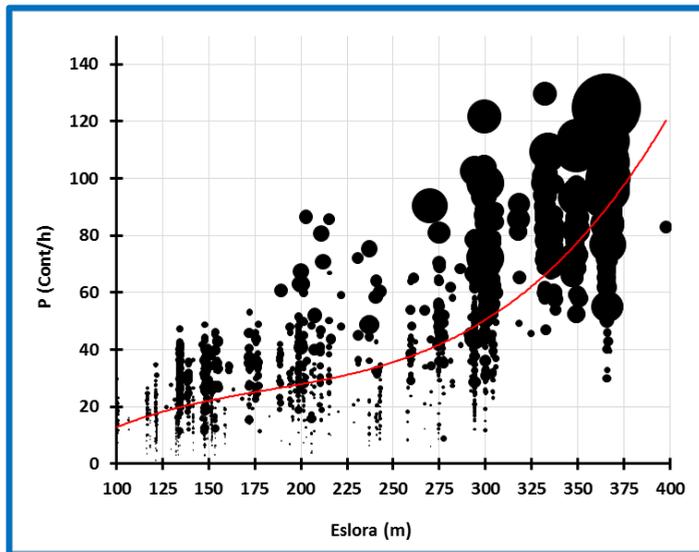
**Figura 169: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 170** se recoge la relación entre la eslora de los buques y la productividad de atraque para el año 2014. La dimensión de la burbuja expresa el tamaño de la escala (cont/buque) correspondiente.

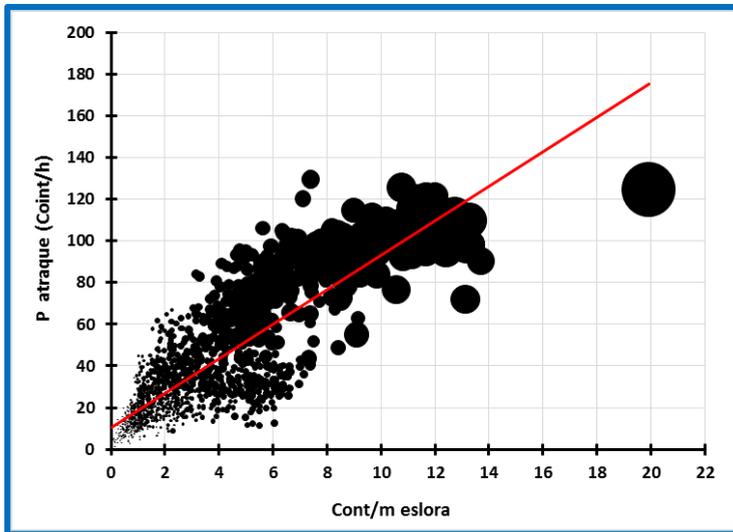
**Figura 170: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

Resulta de gran interés observar la relación entre la variable propuesta en la presente tesis, de contenedores por metro de eslora (función de demanda) con la variable de productividad como función de oferta que se plasma en la **Figura 171**. De nuevo la dimensión de la burbuja representa el tamaño de las escalas. En este caso, el ajuste es lineal.

**Figura 171: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja, tamaño de escala -cont/buque-)**

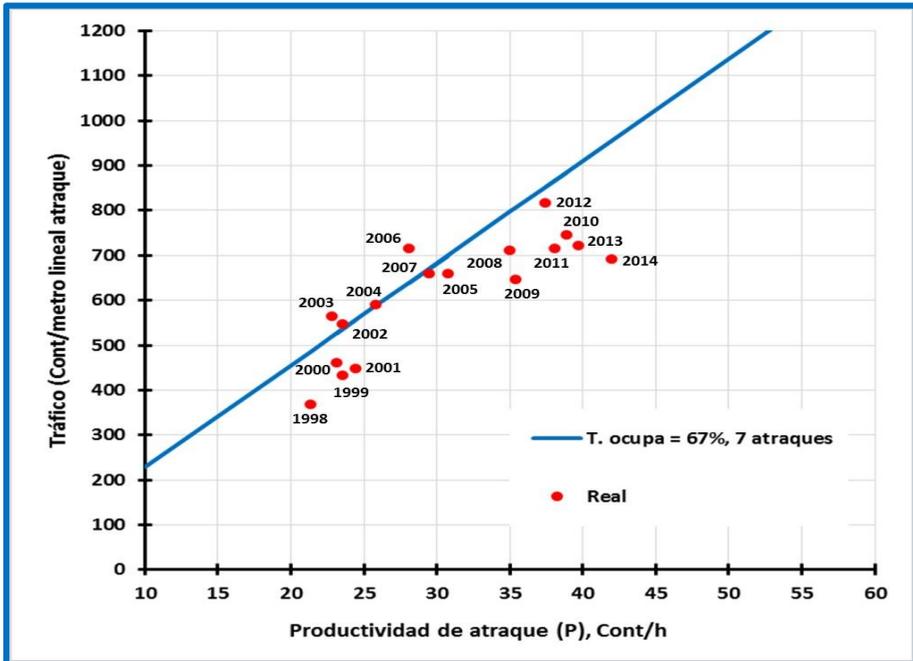


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### ***Calidad de servicio***

La terminal de Noatum viene mejorando significativamente la productividad de atraque que es uno de los pilares básicos del nivel de servicio y con ello la capacidad potencial de la instalación. Si se asume un sistema M/E4/7, la tasa de ocupación para una calidad de servicio de 0,1 debiera situarse en el entorno del 67% (Figura 172).

**Figura 172: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 254 m**

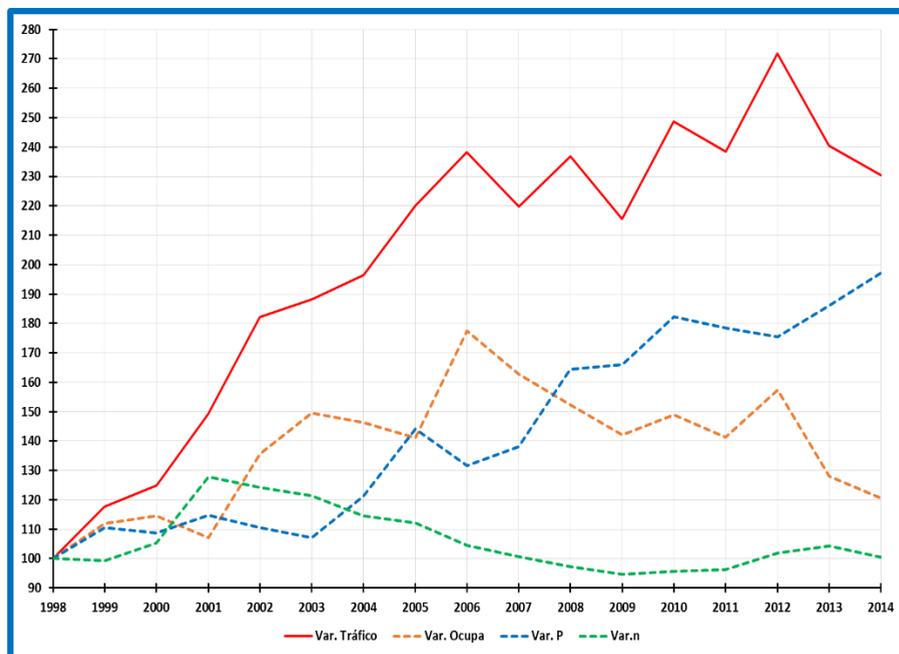


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### Conclusiones

En la evolución del tráfico y productividad de la terminal se identifican con claridad dos etapas: 1998-2006 y 2006-2014. Así, el tráfico experimenta un gran crecimiento en la primera etapa, fluctuando en la segunda. En términos de productividad de atraque lo más señalable es el hecho de que en los 8 años de la primera etapa se mejora en 6,3 cont/h y en la segunda en 13,7 cont/h, siendo el año 2006 el de mayor tasa de ocupación de la serie que disminuye hacia 2014 gracias a la palpable mejora de la productividad (**Figura 173**).

**Figura 173: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1998-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

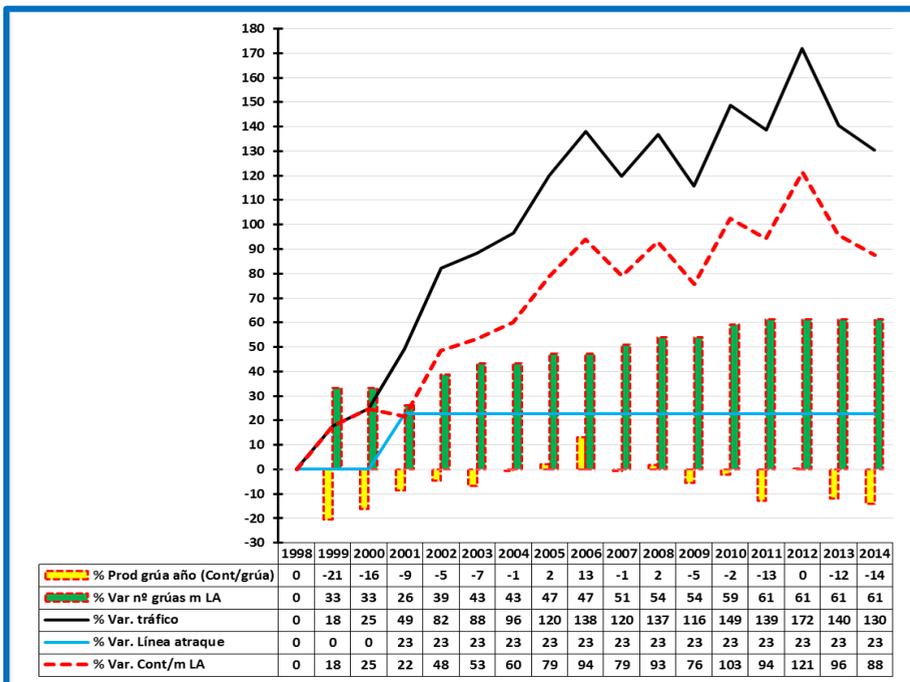
Tomando como referencia el año 1998 en el que se alcanzó un tráfico de 535 mil contenedores, en el año 2014 el crecimiento acumulado se situaba en el 130,4% fruto de (**Figura 174**):

- Un crecimiento del de la Productividad de atraque del 90,1%,
- Un crecimiento de la ocupación de la línea de atraque del 20,6%; y,
- Un crecimiento del número de atraques (n) del 0,5% (como consecuencia de la variación de la longitud de la línea de atraque y de la eslora media ponderada por el tiempo de los buques en atraque).

En otras palabras, el crecimiento del tráfico 2008-2014 en la terminal del 130,4% se ha logrado en un 81% por la mejora de la productividad, en un 18,6% por el incremento de la tasa de ocupación del muelle y en un 0,4% por el incremento del número de puestos de atraque.

Desde el punto de vista de la respuesta de los recursos, como puede apreciarse en la Figura 174, a la variación de la demanda de tráfico se observa como el referido crecimiento del tráfico del 130% se cubre con el producto de un 23% de variación en la línea de atraque y un 88% de la productividad de la línea de atraque (en cont/m LA) que se alcanza con una variación del (-14%) en la productividad de las grúas (cont/grúa y año) y un 61% en su número por metro de atraque (intensidad de grúas en LA).

**Figura 174: Terminal Noatum – Puerto de Valencia: Variación 1988-2014 del Tráfico (Base 100 = 1998), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad anual por grúa (cont/grúa) e intensidad de las grúas en la LA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### VIII.1.7.3. Análisis de capacidad de la terminal dedicada MSC- puerto de Valencia

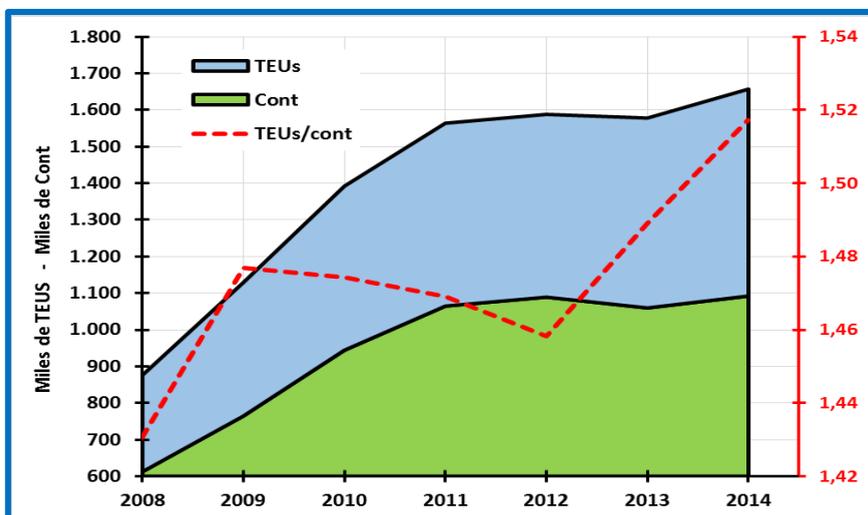
Seguidamente se acomete el análisis de la capacidad por línea de atraque de la terminal dedicada de MSC en el Puerto de Valencia empleando la metodología de análisis de factores presentada en la tesis a partir de los datos de las operaciones marítimas de los buques que han atracado en la terminal desde 2008 a 2014.

#### Factores de demanda

##### Tráfico

La terminal movilizó en el periodo 2008-2014 el tráfico que plasma en la **Figura 175** pasando de unos 612 mil contenedores en 2008 a rozar el millón cien mil contenedores en 2014, con un crecimiento del 78% en seis años. Dado que el indicador TEUs/contenedores ha pasado en el periodo indicado de 1,43 a 1,52, el crecimiento, expresado el tráfico en TEUs, se sitúa en el 89%.

**Figura 175: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tráfico marítimo**

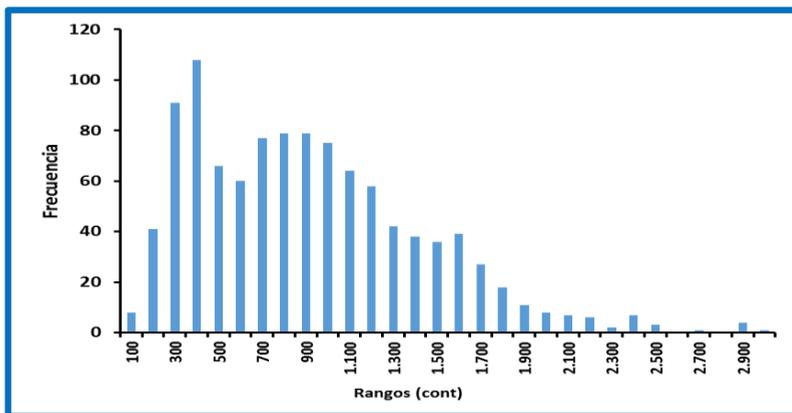


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### ***Número de contenedores por buque***

La distribución del indicador de **número de contenedores por buque** para el año 2014 se plasma en la **Figura 176**. Se observa que los rangos de mayor frecuencia en la instalación son dos: 200-400 y 600-1.000 contenedores, situándose la media en 986 contenedores por buque.

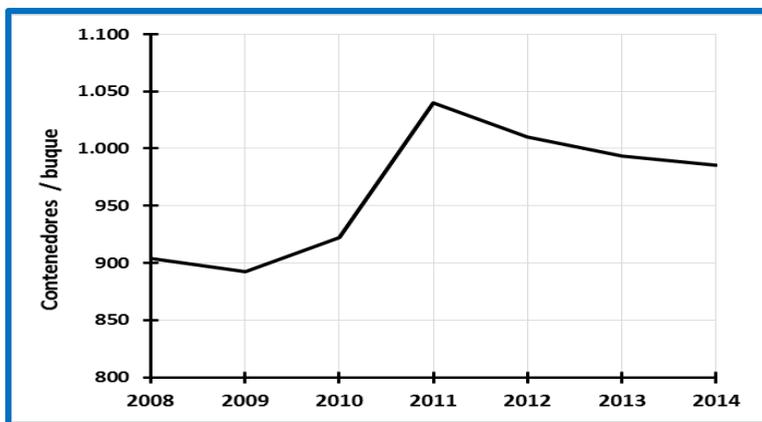
**Figura 176: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del número de contenedores por buque. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En el periodo 2008-2014, el número medio de contenedores por buque osciló entre unos 900 y 1.050 contenedores por buque, según se plasma en la **Figura 177**, habiendo pasado en el referido periodo de 904 a 986 contenedores por buque, con un crecimiento del 9%.

**Figura 177: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de número de contenedores por buque**

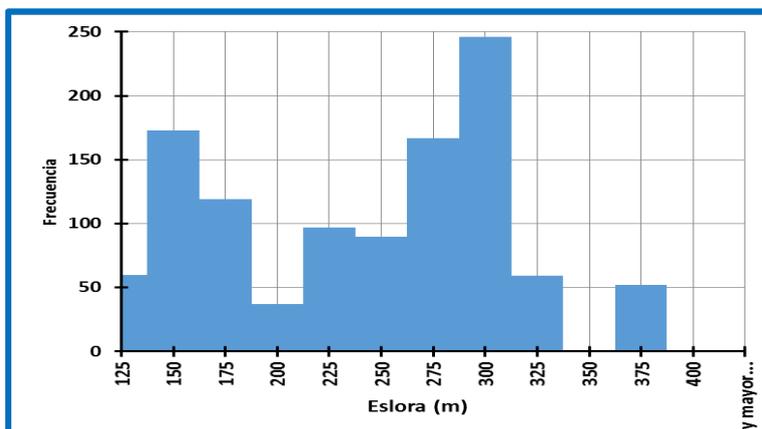


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

***Eslora media de los buques***

Los **rangos de esloras** con mayor presencia en la instalación, para el año 2014 son dos: 125-175 m y 250-300 m (**Figura 178**), característicos de una TC de tráfico “hub and spoke”. La eslora media alcanzó en 2014 los 230.7 metros.

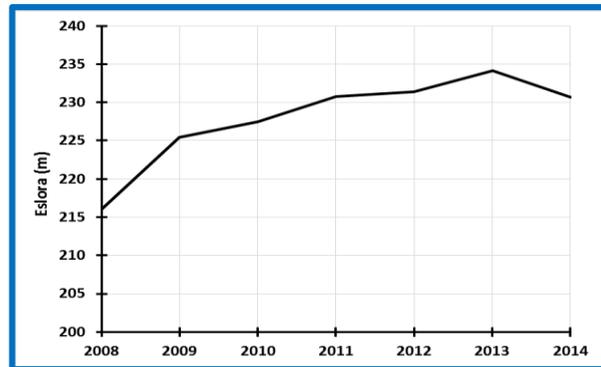
**Figura 178: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Histograma de las esloras de los buques. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 179** se plasma la evolución de la eslora media de los buques que en el periodo 2008-2014 se incrementó en un 6,8%, pasando de 216 a 230,7 metros.

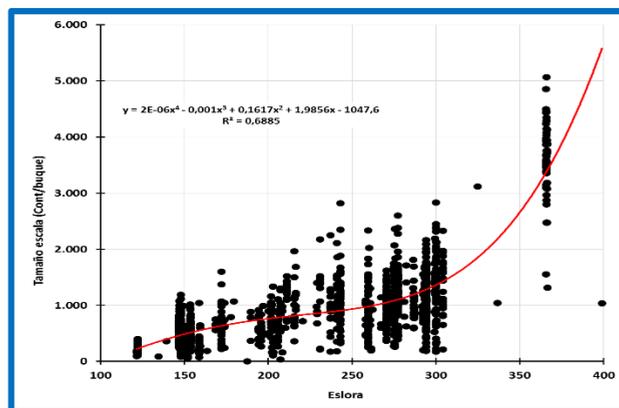
**Figura 179: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la eslora media de los buques**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 180** se correlacionan las dos variables de demanda presentadas: tamaño de buque a través de su eslora y tamaño de escala en términos de contenedores por buque, para la totalidad de los buques operados en el año 2014.

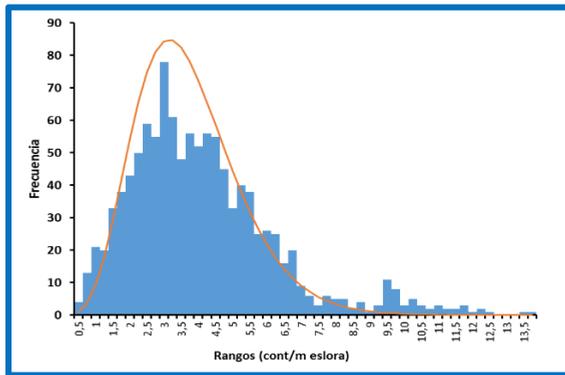
**Figura 180: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora de los buques y el tamaño de las escalas. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La presente tesis propone el análisis de la función de demanda del subsistema de línea de atraque (carga/descarga) a través del indicador de **contenedores por metro de eslora** que combina las dos variables de demanda analizadas en los párrafos anteriores. Tal variable, para el año 2014, se distribuyó de acuerdo con una función Erlang 7 como plasma la **Figura 181**, con un promedio de 4,27 cont/m de eslora.

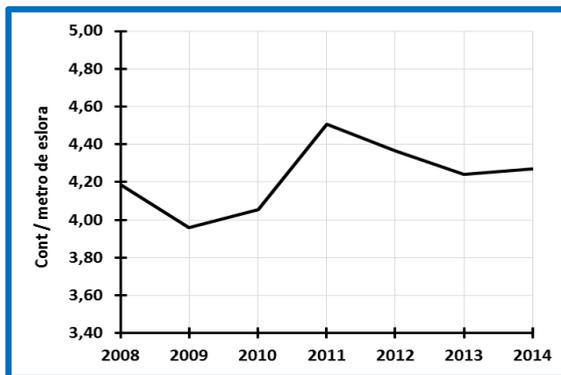
**Figura 181: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador contenedores por metro de eslora. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

El indicador de contenedores por metro de eslora de buque se ha mantenido en el periodo 2008-2014 entre 4 y 4,5 (**Figura 182**).

**Figura 182: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de contenedores por metro de eslora de buque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

## Factores de oferta

La oferta de la terminal en el subsistema de línea de atraque se conforma en primera instancia a través de la longitud de la línea de atraque y el número de grúas de muelle.

### *Línea de atraque y número de puestos de atraque*

La TC dedicada de MSC cuenta con una superficie total de 35,9 ha y una línea de atraque de 770 metros con un calado de 16 metros. Dispone de 8 grúas de muelle siendo el RTG el equipamiento de patio. Inicialmente, en 2008 y 2009 dispuso de una línea de atraque menor que alcanzaba los 686 (véase **Figura 183**, esquina inferior derecha). Asimismo inició la actividad con 6 grúas, incrementadas a 8 mediado el año 2009.

**Figura 183: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Abril 2010**

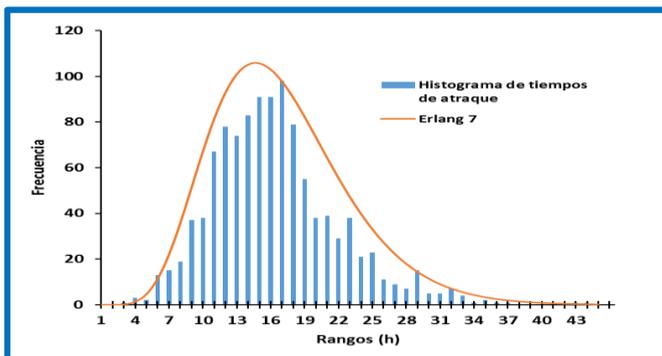


FUENTE: GOOGLE EARTH

El tiempo de estancia de los buques en la línea de atraque depende en gran medida del número y productividad de las grúas de muelle empleadas en su operación. El número de contenedores manipulados en el tiempo de estancia en el atraque es la **Productividad de atraque del buque: P**.

En 2014, los **tiempos de estancia en atraque** se distribuyeron de acuerdo con una función Erlang 7 con un tiempo de estancia medio de 15,9 horas (**Figura 184**).

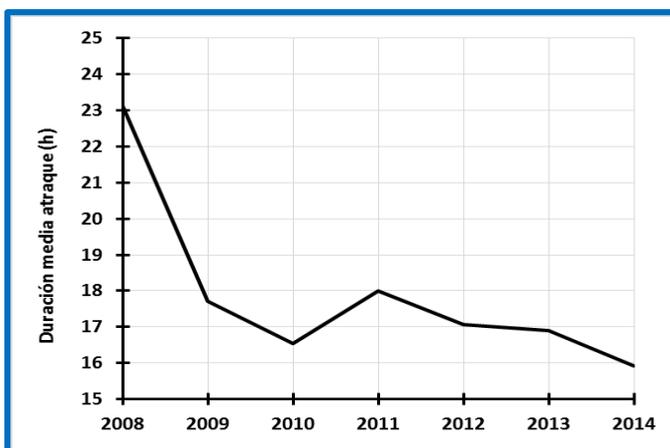
**Figura 184: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) de tiempos de atraque y comparación con la función Erlang 7. Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La **Figura 185** plasma la evolución 2008-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la terminal, que pasado en tal periodo de 23,1 a 15,9 h con una disminución del 31%.

**Figura 185: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del tiempo de estancia medio de los buques en la línea de atraque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

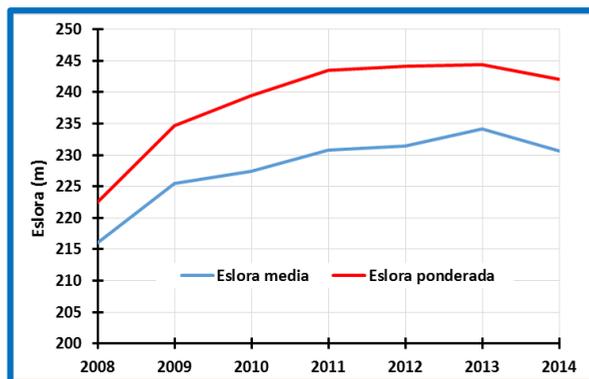
En función de la eslora de los buques, la línea de atraque de la terminal puede acomodar 2 o 3 buques (**Figura 186**). La evolución de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de estancia de los buques que han operado en la terminal en el periodo 2008-2014 se plasma en la **Figura 187**. El máximo se alcanza en el año 2013 con unas longitudes aproximadas de 235 y 245 metros, respectivamente. En el periodo 2008-2014 las referidas esloras han crecido el 7 y el 9%, respectivamente.

**Figura 186: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Noviembre 2012**



FUENTE: GOOGLE EARTH

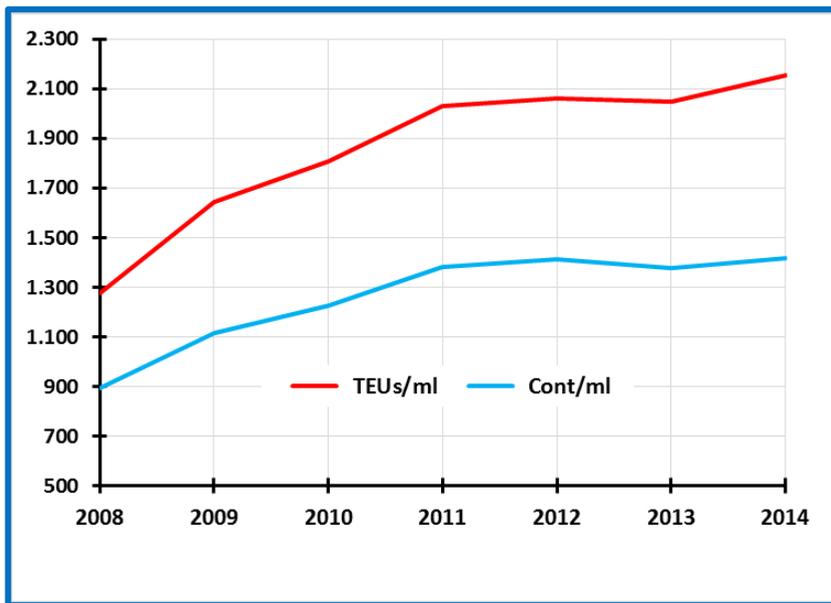
**Figura 187: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de la eslora media y la eslora media ponderada por el tiempo de atraque de los buques**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La **Figura 188** plasma la evolución 2008-2014 del indicador de **tráfico por metro de línea de atraque**, expresado en contenedores y en TEUs. En el referido periodo se ha pasado de 893 a 1.418 cont/m y de 1.277 a 2.152 TEUs/m con crecimientos del 59 y 69%, respectivamente.

**Figura 188: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 del indicador de tráfico por metro lineal de línea de atraque**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

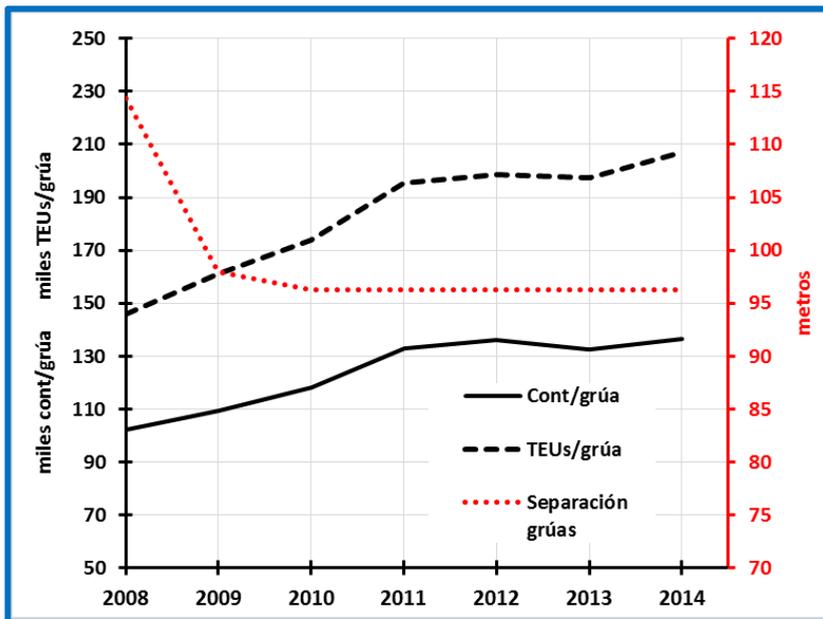
#### ***Tráfico por grúa y distancia entre grúas***

En la **Figura 189** se recoge la evolución 2008-2014 de

- El **tráfico anual por grúa de muelle**, expresado en contenedores y en TEUs; y,
- La **separación entre las grúas de muelle** en la línea de atraque.

En el referido periodo se ha pasado de 102 a 137 mil contenedores por grúa y de 146 a 207 mil TEUs por grúa con un crecimiento del 34 y 42%, respectivamente. En el periodo la separación entre grúas pasó de 114 a 96 metros.

**Figura 189: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de los indicadores de tráfico por grúa de muelle y separación entre grúas**

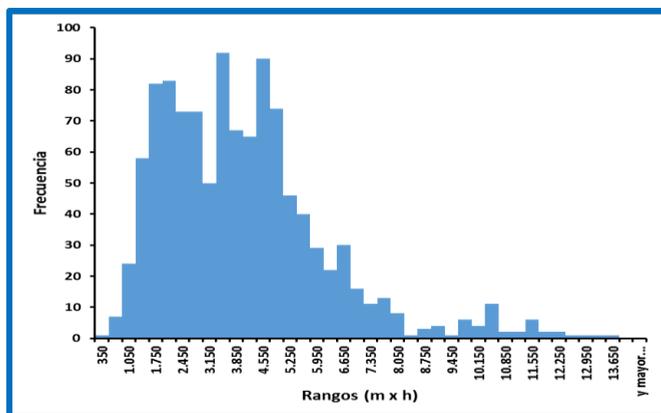


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### ***Ocupación de atraque***

En 2014, el indicador de **eslora por hora de atraque** (m x h) se distribuyó conforme recoge la **Figura 190**, situándose el valor medio en 3.854 metros por hora. Se trata del indicador que facilita el cálculo de la tasa de ocupación de la terminal.

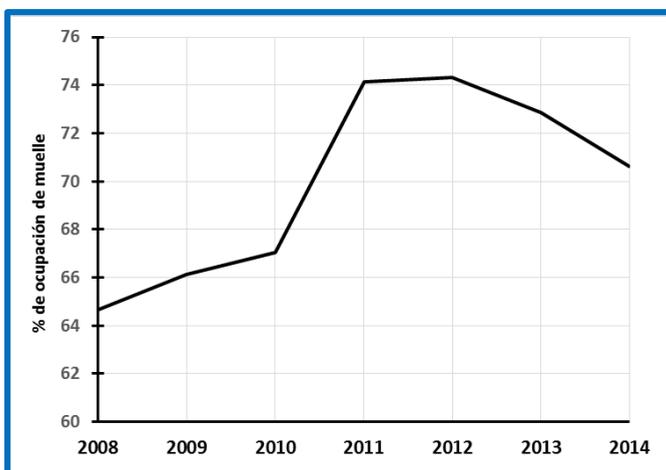
**Figura 190: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Distribución (Histograma) del indicador de eslora (m) por tiempo de atraque (h). Año 2014**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 191** se dispone la evolución 2008-2014 de la tasa de ocupación de la línea de atraque encuadrada entre el 64 y el 75%, pasando de 64,7 a 70,6% con un crecimiento del 9%. Se ha tomado un coeficiente del 10% sobre la eslora como distancia entre buques atracados.

**Figura 191: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la ocupación de la línea de atraque (%)**



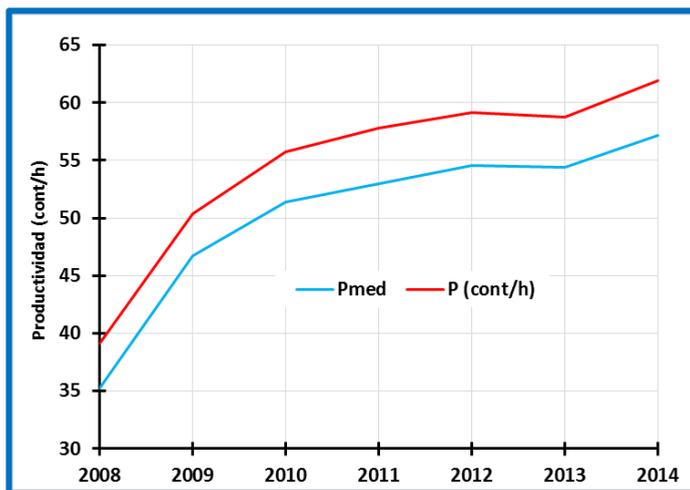
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### **Productividad de atraque (P)**

La productividad de atraque (P) es el indicador que determina la duración de las escalas y con ello el % de ocupación de la línea de atraque como respuesta a la función de demanda definida en términos de contenedores por metro de eslora.

Hay que diferenciar la productividad media de los buques que atracan en la instalación, de la productividad de atraque definida en la fórmula de capacidad por línea de atraque calculada como la suma de los contenedores movilizados dividido por los tiempos de estancia en atraque. En la **Figura 192** se plasma la evolución para el periodo 2008-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P). En el año 2014 alcanzaron respectivamente 57,2 y 61,9 cont/h de estancia en atraque, respectivamente.

**Figura 192: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la productividad media de los buques y de la productividad de buque atracado (P)**

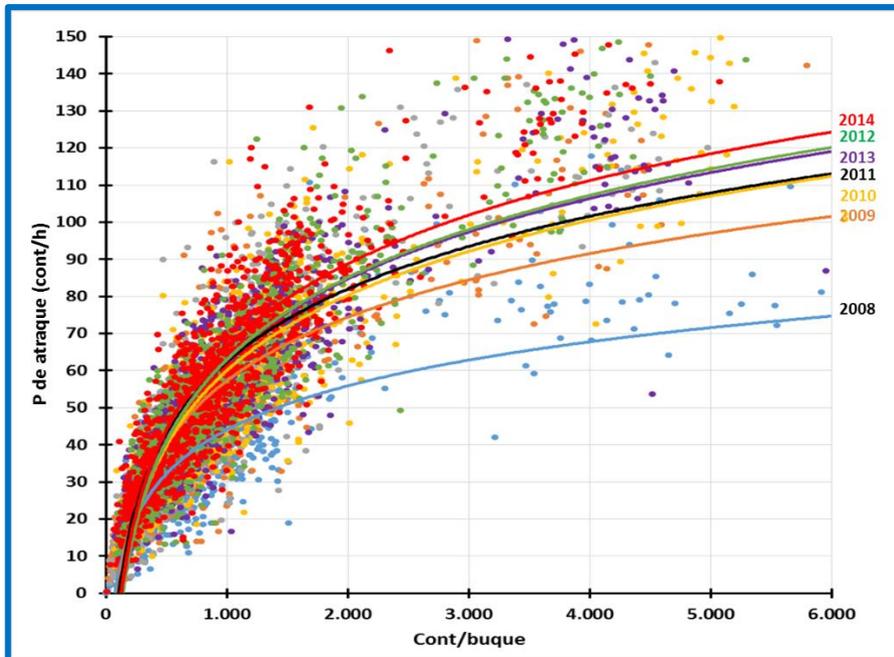


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 193** se muestra la evolución de la productividad de atraque de los buques operados en la terminal en el periodo 2008-2014. Cada punto es un buque. Las líneas de tendencia de la productividad de buque atracado en función

del tamaño de las escalas (cont/buque) se han ajustado, para cada año, mediante regresión con funciones logarítmicas.

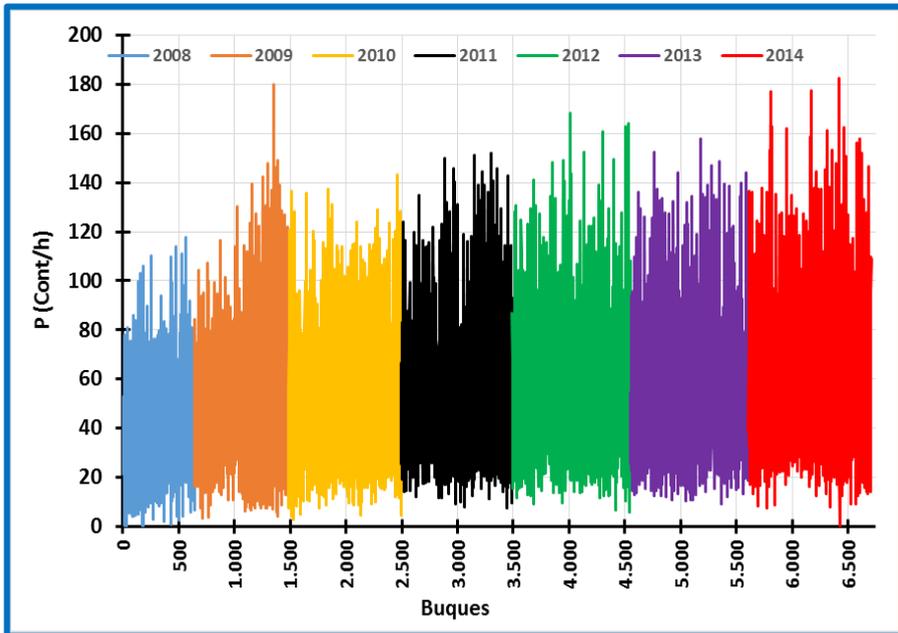
**Figura 193: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la relación entre el tamaño de las escalas y la productividad de atraque (P)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

La **Figura 194** aporta la evolución de la productividad empleando la variable temporal en el eje de abscisas, Se observa que a mediados del año 2009 se produce una mejora palpable de la productividad (que asimismo se observa en la **Figura 192**) que es consecuencia de la incorporación de 2 nuevas grúas en la terminal que pasa de 6 a 8 grúas.

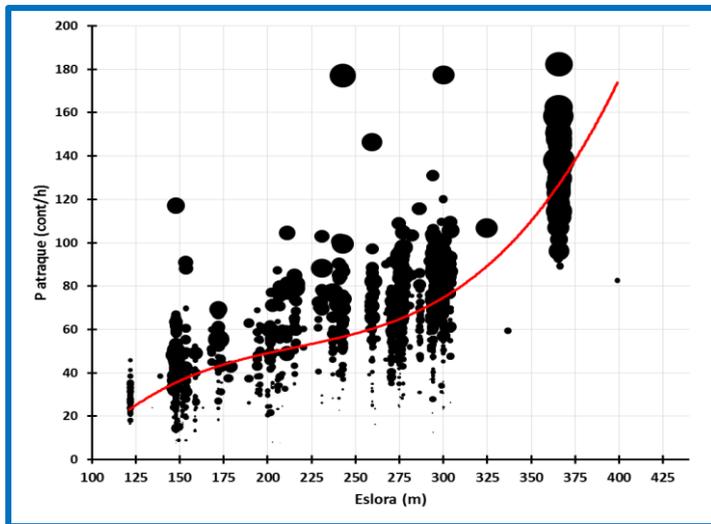
**Figura 194: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la Productividad de buque atracado (P)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

En la **Figura 195** se recoge la relación entre la eslora de los buques y la productividad de atraque para el año 2014. La dimensión de la burbuja expresa el tamaño de la escala correspondiente.

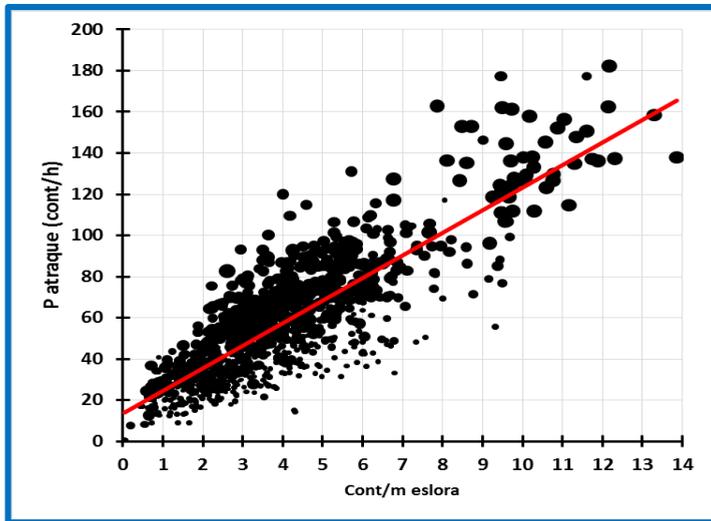
**Figura 195: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre la eslora del buque y la Productividad (P) de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

Resulta de gran interés observar la relación entre la variable propuesta en la presente tesis, de contenedores por metro de eslora (función de demanda) con la variable de productividad como función de oferta que se plasma en la **Figura 196**. De nuevo la dimensión de la burbuja representa el tamaño de la escala. En este caso, el ajuste es lineal.

**Figura 196: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Relación entre el indicador de contenedores por metro de eslora y la productividad de atraque. Año 2014 (Gráfico de burbuja)**

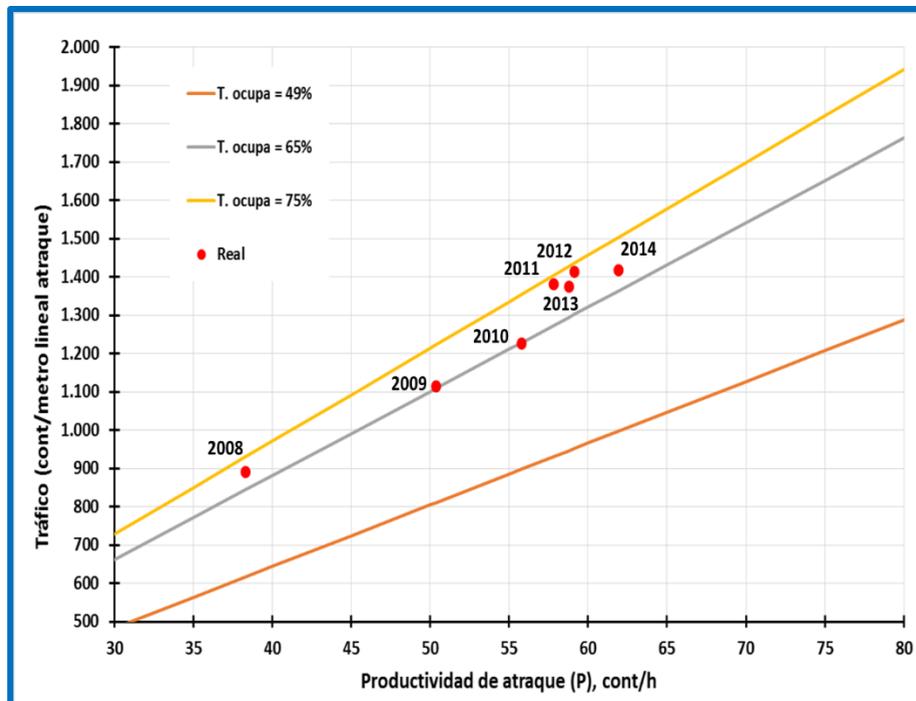


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### *Calidad de servicio*

A primera vista sorprende poderosamente la alta tasa de ocupación de la terminal en el periodo 2008-2014 que como se ha indicado ha variado entre el 64 y el 75%. Asumiendo un sistema M/E4/3, la tasa de ocupación para una calidad de servicio de 0,1 debiera situarse en el entorno del 49% (**Figura 197**). Tales tasas de ocupación se han podido alcanzar por la doble singularidad de la terminal: por un lado, se trata de una terminal dedicada lo que facilita una mejor gestión de las llegadas de los buques a la terminal; por otro, la línea opera buques simultáneamente en la terminal pública explotada por Noatum.

**Figura 197: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Evolución 2008-2014 de la capacidad por línea de atraque (cont/m) para distintas tasas de ocupación y atraque de 266 m**

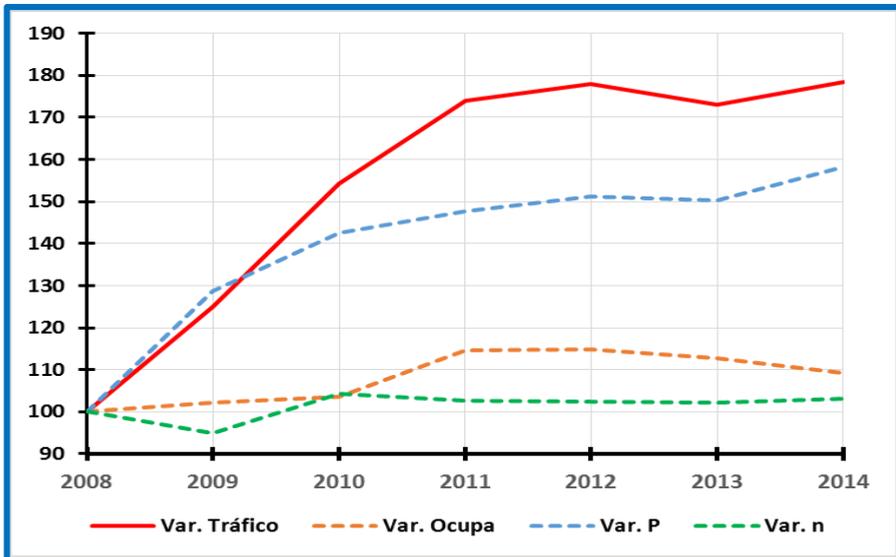


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

### Conclusiones

En la evolución del tráfico y productividad de la terminal se identifican con claridad dos etapas: 2008-2010 y 2011-2014, actuando el año 2010 de transición al nuevo nivel de equipamiento de grúas de muelle de la terminal. Así, en términos de productividad de atraque lo más señalable es el hecho de que durante el año 2008 y la mitad del 2009 se dispuso de 6 grúas y de 8 a partir de entonces, circunstancia que propicia la palpable mejora del referido indicador (Figura 198).

**Figura 198: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la tasa de ocupación, de la Productividad de atraque (P) y del número de atraques (n)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

Tomando como referencia el año 2008 en el que se alcanzó un tráfico de 612 mil contenedores, en el año 2014 el crecimiento acumulado se situaba en el 78% fruto de (**Figura 199**):

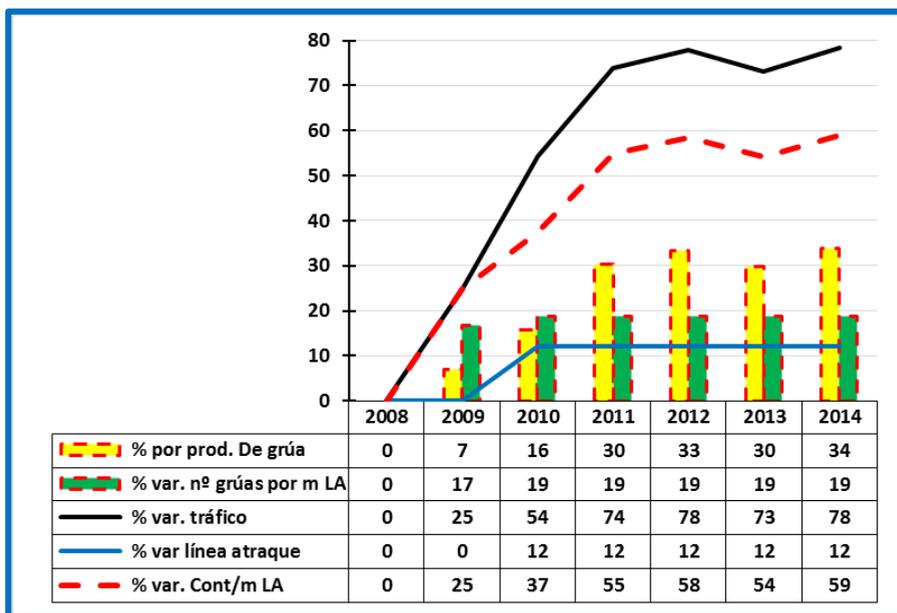
- Un crecimiento del de la Productividad de atraque del 58%,
- Un crecimiento de la ocupación de la línea de atraque del 9%; y,
- Un crecimiento del número de atraques (n) del 3% (como consecuencia de la variación de la longitud de la línea de atraque y de la eslora media ponderada por el tiempo de los buques).

En otras palabras, el crecimiento del tráfico 2008-2014 en la terminal del 78% se ha logrado en un 82% por la mejora de la productividad, en un 13% por el incremento de la tasa de ocupación del muelle y en un 5% por el incremento de la línea de atraque.

Desde el punto de vista de la respuesta de los recursos, como puede apreciarse en el a la variación de la demanda de tráfico se observa como el referido

crecimiento del tráfico del 78% se cubre con el producto de un 12% de variación en la línea de atraque y un 59% de la productividad de la línea de atraque (en cont/m LA) que se alcanza con una variación del 34% en la productividad de las grúas (cont/grúa y año) y un 19% en su número por metro de atraque (intensidad de grúas en LA).

**Figura 199: Terminal MSC – Puerto de Valencia: Variación 2008-2014 del Tráfico (Base 100 = 2008), de la línea de atraque, de su productividad (cont/m) en los factores de productividad e intensidad de las grúas en la LA**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. DATOS: APV

## CAPÍTULO IX

# Propuesta de caracterización del nivel de servicio por línea de atraque en los contratos de concesión de terminales de contenedores

---

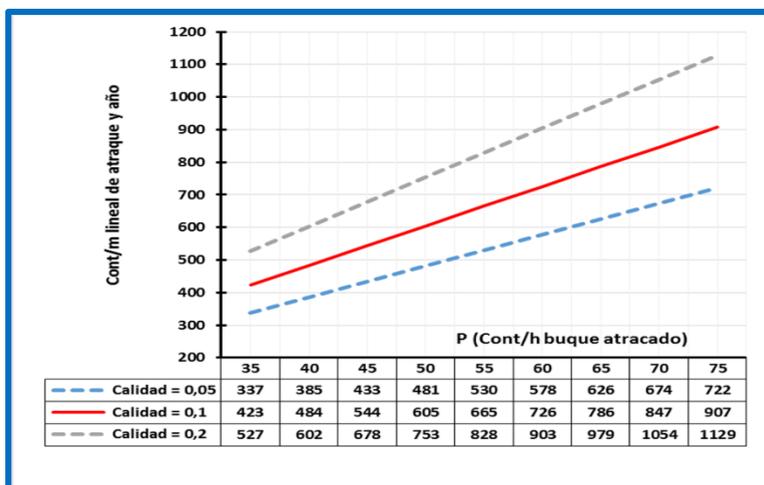
## IX. 1. Indicadores para la caracterización

En el capítulo VII de la tesis se ha puesto de manifiesto que la caracterización del nivel de servicio de una terminal de contenedores requiere el empleo de dos de los siguientes indicadores, quedando el tercero determinado a partir de los anteriores:

- Espera relativa de los buques (calidad de servicio): tiempo de espera/tiempo de servicio
- Productividad de buque atracado (mov/h o cont/h atraque)
- Productividad de buque en puerto (mov/h o cont/h puerto)

Por otro lado, definido el nivel de servicio en los términos indicados para el correspondiente sistema de llegadas, servicios y número de atraques representativo de la terminal se obtiene el valor del indicador de capacidad por línea de atraque (cont/m línea de atraque y año) como se muestra en la **Figura 200**.

**Figura 200: Capacidad por línea de atraque para diversas calidades de servicio y productividad de buque atracado (Caso M/E4/3 con atraques de 350 m)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## IX.2. Propuesta de nivel de servicio por línea de atraque

Monfort et al. (2011b) plantearon una propuesta para la medición del nivel de servicio de una terminal considerando dos indicadores: la espera relativa y la productividad anual de buque atracado (P). La propuesta genera 9 niveles de servicio (AA, AB,..., CC) que llevan a la determinación de la capacidad por línea de atraque expresada en contenedores o movimientos por metro lineal para cada sistema de llegadas/servicios/número de atraques (**Tabla 75**).

**Tabla 75: Propuesta de niveles de servicio por línea de atraque**

Nivel de servicio	Espera relativa	NIVELES DE SERVICIO			
D	> 0,20	-	-	-	-
C	0,10 - 0,20	-	CC	BC	AC
B	0,05 - 0,10	-	CB	BB	AB
A	hasta 0,05	-	CA	BA	AA
		< 35	35-50	50-65	> 65
		Productividad anual media de buque atracado (P) (cont./h)			
		D	C	B	A
		Nivel de servicio			

FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

En la **Tabla 76** se ilustra el caso de un sistema M/E4/2 con atraques de 300 m.

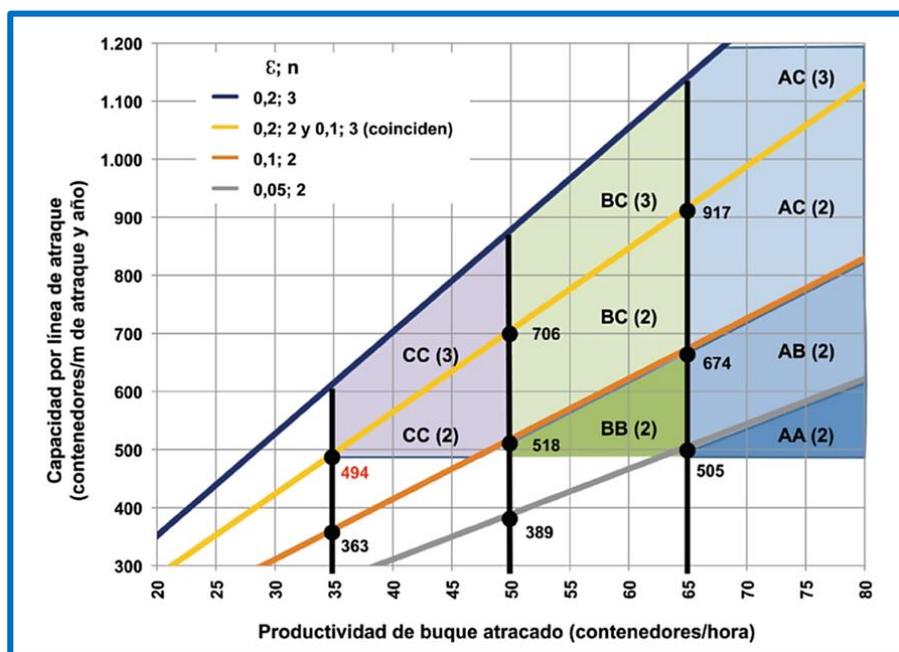
**Tabla 76: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y atraque de 300 m**

Nivel de servicio	Espera relativa	NIVELES DE SERVICIO (Sistema M/E <sub>4</sub> /2)			
		Atraque de 300 m			
		Productividad por línea de atraque (cont./m)			
D	> 0,20	-	-	-	-
C	0,20	-	494-706	706-917	> 917
B	0,10	-	363-518	518-674	> 674
A	0,05	-	272-389	389-505	> 505
		< 35	35-50	50-65	> 65
		Productividad anual media de buque atracado (P) (cont./h)			
		D	C	B	A
		Nivel de servicio			

FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

En la **Figura 201** se añade al caso anterior el de 3 atraques. Se observa cómo la capacidad por línea de atraque -en contenedores por línea de atraque y año- de la terminal con 2 atraques y espera relativa de 0,2 es la misma que la de 3 atraques con espera relativa de 0,1; o dicho de otro modo, el hecho de disponer de un nuevo atraque reduce a la mitad los tiempos de fondeo de los buques.

**Figura 201: Niveles de servicio para el caso M/E4/2 y M/E4/3 con atraques de 300 metros**



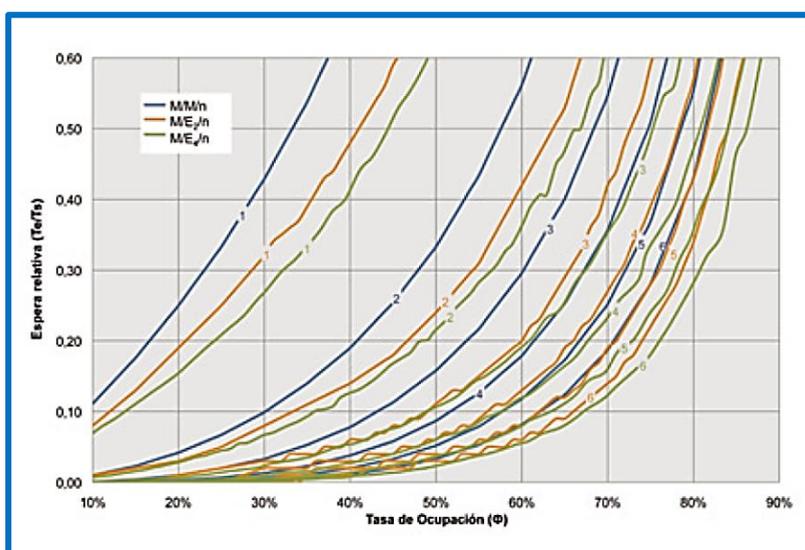
FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

Respecto a los valores a contemplar para de segmentación de la espera relativa y de la productividad de buque atracado se plantean las siguientes consideraciones:

- En el caso de la espera relativa, como se ha referenciado en la tesis, existe un elevado consenso entre los autores en el valor de 0,1 para el caso de las terminales de contenedores.

- En las TCs que entran en situación de capacidad con elevadas tasas de ocupación, es decir aquellas con mayor número de puestos de atraque se contrasta que la calidad de servicio es inestable de modo que pequeños incrementos de capacidad, fruto de apurar la tasa de ocupación derivan en notables pérdidas de la calidad de servicio (**Figura 202**).

**Figura 202: Correspondencia de las tasas de ocupación y la espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/n de 1 a 6 atraques**



FUENTE: MONFORT ET AL. (2011B)

- La productividad de buque atracado (P) exigible debe resultar de la demanda de los navieros y de la oferta de las instalaciones alternativas. Depende del tamaño de las escalas, del número de grúas de muelle por atraque y de su productividad, debiendo ser ajustado en cada caso. Por ejemplo, con 3 grúas por atraque de 300 m (100 m de distancia entre grúas) son perfectamente alcanzables productividades de atraque (brutas) de 60 mov/h que resultan en capacidades por metro de línea de atraque más o menos elevadas en función del número de atraques como se ha justificado a lo largo de la tesis.

### IX.3. Propuesta de aplicación

El contrato de concesión de la correspondiente TC debe incorporar en la cláusula del nivel de servicio a ofertar en la terminal un apartado relativo al nivel de servicio por línea de atraque con indicación expresa de la metas de calidad de servicio (espera relativa de los buques) y de productividad de buque atracado (P).

Por otro lado, es imprescindible que tanto la definición como la fórmula de cálculo del indicador:

- no admita interpretaciones; y,
- se asegure la disponibilidad de los datos necesarios para su determinación.

Este es un aspecto crítico porque las discusiones a posteriori entre la AP y el operador son interminables.

#### IX.3.1. Calidad de servicio por línea de atraque: espera relativa

En cuanto a la definición y cálculo del indicador de calidad de servicio por línea de atraque, la correspondiente cláusula contractual propuesta quedaría:

*La calidad de servicio por línea de atraque o espera relativa de los buques, definida como el cociente entre el tiempo medio de espera y el tiempo medio de servicio de los buques no debe ser superior a un X% en cómputo anual, donde:*

**Tiempo medio de espera** = suma de los tiempos de espera de todos los buques / número total de buques.

**Tiempo medio de servicio** = suma de los tiempos de servicio / número total de buques

El % referencial es del 10%. Sin embargo, en función de la demanda de tráfico y la oferta en el puerto y en los puertos de la competencia se podría contemplar una horquilla entre el 10% y el 20%.

Alternativamente, al objeto de una mejor aproximación de la variación en la calidad de servicio ofertada se puede plantear el indicador en cómputo mensual.

**IX.3.1.1. Recomendaciones sobre los datos a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP**

Así como los tiempos de servicio son bien conocidos por el operador de la terminal, normalmente no ocurre lo mismo con los tiempos de fondeo debidos a la congestión de la terminal. Debe asegurarse un mecanismo por el que se conozca el referido tiempo para cada buque con la necesaria fiabilidad a través, por ejemplo del servicio de practicaje o de la autoridad portuaria o marítima. De cada buque junto con los datos relativos a la productividad debe facilitarse el tiempo de espera o fondeo por congestión de línea de atraque

**IX.3.2. Productividad de buque atracado (P)**

En cuanto a la definición y cálculo del indicador de productividad de buque atracado, la correspondiente cláusula contractual propuesta quedaría:

*La productividad de buque atracado (P) definida como el cociente entre el número de movimientos (contenedores) y el tiempo de servicio de todos los buques en cómputo anual, no debe ser inferior:*

Año	1	2		i		n
P	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		P <sub>i</sub>		P <sub>n</sub>

*La capacidad mínima de la terminal por línea de atraque en su máximo desarrollo será de C contenedores año.*

*Con carácter, al menos, anual el operador elaborará un informe de la evolución de la productividad de buque atracado, incluyendo en su caso propuestas para su ajuste a la demanda del mercado.*

En el ejemplo de aplicación del epígrafe IX.3.3 se ilustra la forma de calcular la P mínima para cada año.

El futuro operador de la terminal debe ofertar y justificar en su proposición al concurso de concesión los correspondientes valores de productividad de atraque, indicando el número y especificaciones de las grúas de muelle a lo largo del periodo concesional. Estos deben considerarse en el capítulo de criterios de adjudicación del contrato.

### **IX.3.2.1. Recomendaciones sobre los datos relativos a productividades a facilitar por parte del operador de la terminal a la AP**

La Información mínima a facilitar a la AP incluiría:

Para cada buque:

- Número de movimientos
- Tiempo de atraque

De modo que pueda calcularse además de la productividad de buque atracado (P), la productividad individual de cada escala y puedan acometerse análisis de la influencia del número de movimientos en la productividad, entre otros.

### IX.3.3. Ejemplo de aplicación numérico

Habitualmente el contrato de concesión de una terminal de contenedores define la longitud de la línea de atraque a poner en explotación en una o en sucesivas fases al objeto de satisfacer la correspondiente previsión de tráfico. A la hora de cuantificar el nivel de servicio por línea de atraque y con ello la capacidad de la terminal se parte del escenario de competencia que acota referencialmente la horquilla de espera relativa ( $\epsilon$ ) y de productividad de buque atracado ( $P$ ). Los valores de las productividades de atraque de los buques deben responder de manera razonable a las expectativas de nivel de servicio de los navieros contextualizadas por la oferta de las instalaciones alternativas.

Para el dimensionamiento de la terminal se requiere una previsión de demanda de tráfico a lo largo del periodo concesional (25 años) en términos de volumen y expectativa de nivel de servicio para las distintas categorías de buque.

En el caso presente la previsión de tráfico contempla:

- hasta 9 tipos de buques atendiendo a su capacidad, eslora, y requerimientos de productividad, movimientos por escala y distribución de éstas por tipo de buque. Se toma la hipótesis de que se mantiene la estructura del tráfico y que debe incrementarse la productividad de las grúas un 25% en el horizonte del octavo año y, alcanzar una productividad de 70 cont/h al final de la concesión.
- que crece al 3,5% anual desde los 303 mil TEUs hasta alcanzar los 692 mil a los veinticinco años.

Partiendo de la referida previsión de tráfico se calcula la eslora media ponderada por el tiempo de atraque que se sitúa en 240 metros. Considerando un 10% de la eslora como separación entre buques, el puesto alcanzaría los 264 m. Se toman 270 como longitud de puesto de atraque.

Una calidad de servicio (espera relativa) del 10%, para un sistema M/E4/3 acota la tasa de ocupación máxima en el 49% y en el 36% para M/E4/2.

En la **Tabla 77**, **Tabla 78** y **Tabla 79** se calcula, respectivamente, el valor en el año 1, año 8 y año 25 de la tasa de ocupación para 2 atraques (año 1 y año 8) y para

3 atraques (año 25) y el de la productividad de atraque. El tercer atraque tiene que entrar en servicio en el año 10 por cuanto con 2 atraques se superaría el 36% de tasa de ocupación (Figura 203).

**Tabla 77: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 1**

Tipo	Capacidad	Eslera	Servicio	Grúas		ESCENARIO DE TRÁFICO AÑO 1										
				Nº	Prod grúa	Mov/escala	% escalas	Buques	Tráfico	Estancia	P atraque	Ocupa	Est. pon.	Atra. Disp	Ocupa.	
1	13.000	366	M	4	28	2.725	5%	20	54.500	28,3	96	567	38			
2	8.000	351	M	4	28	2.250	6%	24	54.000	24,1	93	578	38			
3	6.500	320	M	3	28	1.450	5%	20	29.000	21,3	68	425	25			
4	5.500	290	M	3	28	900	10%	40	36.000	14,7	61	589	32			
5	4.500	274	F	4	24	700	10%	40	28.000	11,3	62	452	23			
6	3.500	244	F	4	24	500	10%	40	20.000	9,2	54	368	17			
7	2.500	198	F	3	24	450	18%	72	32.400	10,3	44	738	27			
8	1.000	137	F	2	24	370	30%	120	44.400	11,7	32	1.405	36			
9	500	91	F	1	24	185	6%	24	4.440	11,7	16	281	5			
								100%	400	302.740		56	5.403	240	17.280	31%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla 78: Ejemplo: TC con 2 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 8**

Tipo	Capacidad	Eslera	Servicio	Grúas		ESCENARIO DE TRÁFICO AÑO 8										
				Nº	Prod grúa	Mov/escala	% escalas	Buques	Tráfico	Estancia	P atraque	Ocupa	Est. pon.	Atra. Disp	Ocupa.	
1	13.000	366	M	4	35	2.725	5%	25	69.339	23,5	116	597	40			
2	8.000	351	M	4	35	2.250	6%	31	68.703	20,1	112	613	40			
3	6.500	320	M	3	35	1.450	5%	25	36.896	17,8	81	453	27			
4	5.500	290	M	3	35	900	10%	51	45.802	12,6	72	640	34			
5	4.500	274	F	4	30	700	10%	51	35.624	9,8	71	500	25			
6	3.500	244	F	4	30	500	10%	51	25.446	8,2	61	416	19			
7	2.500	198	F	3	30	450	18%	92	41.222	9,0	50	824	30			
8	1.000	137	F	2	30	370	30%	153	56.489	10,2	36	1.552	39			
9	500	91	F	1	30	185	6%	31	5.649	10,2	18	310	5			
								100%	509	385.170		65	5.906	260	17.280	34%

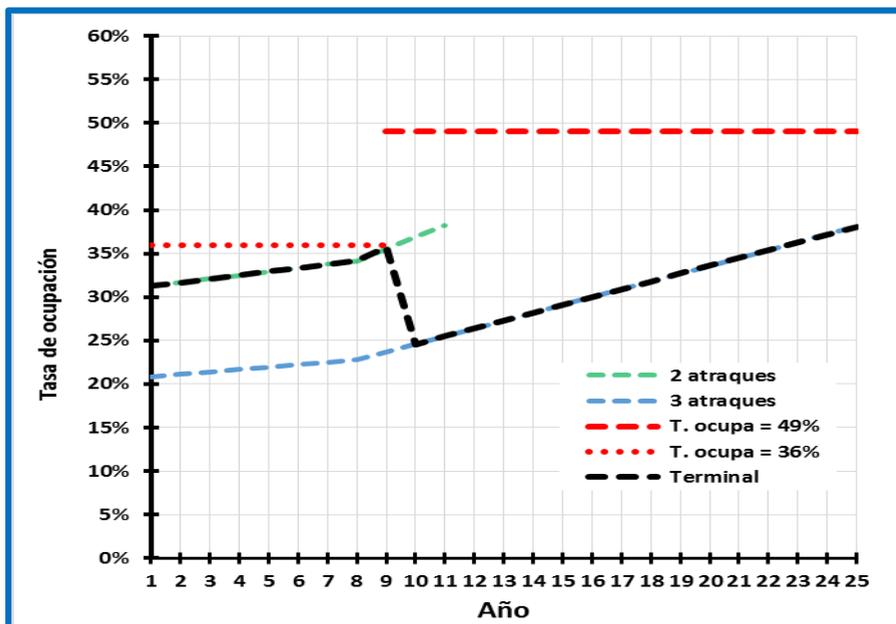
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla 79: Ejemplo: TC con 3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25**

Tipo	Capacidad	Esloza	Servicio	Grúas	Prod grúa	ESCENARIO DE TRÁFICO AÑO 25										
						Buque	TEUs	m	Nº	Mov/h	Mov/escala	% escalas	Buques	Tráfico	Estancia	P atraque
1	13.000	366	M	4,5	35	2.725	5%	46	124.441	21,4	127	979	66			
2	8.000	351	M	4,5	35	2.250	6%	55	123.300	18,4	122	1.008	65			
3	6.500	320	M	3,3	35	1.450	5%	46	66.217	16,4	89	748	44			
4	5.500	290	M	3,3	35	900	10%	91	82.200	11,7	77	1.067	57			
5	4.500	274	F	4,5	30	700	10%	91	63.933	9,2	76	843	43			
6	3.500	244	F	4,5	30	500	10%	91	45.667	7,7	65	706	32			
7	2.500	198	F	3,3	30	450	18%	164	73.980	8,5	53	1.394	51			
8	1.000	137	F	2,2	30	370	30%	274	101.380	9,5	39	2.609	66			
9	500	91	F	1,1	30	185	6%	55	10.138	9,5	19	522	9			
								100%	913	691.255		70	9.875	434	25.920	38%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Figura 203: Ejemplo: Variación de la tasa de ocupación de la terminal**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la **Tabla 80** se plasma a lo largo de los 25 años de la concesión:

- La productividad de atraque P, resultante del escenario de tráfico y de la productividad e intensidad de grúas estimados.
- Número de puestos de atraque necesarios para que la calidad de servicio no supere el 10%.
- Tasa de ocupación, inferior al 36% con 2 atraques y a 49% con 3 atraques.

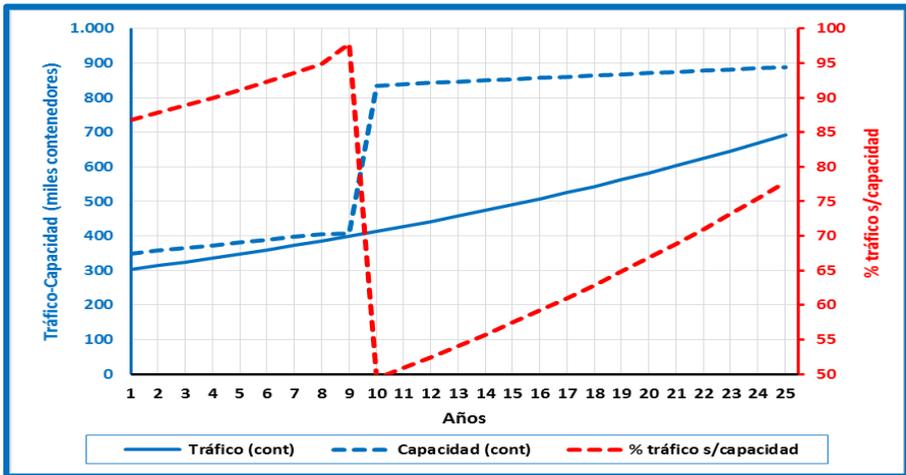
**Tabla 80: Ejemplo: TC con 2-3 atraques: Demanda de tráfico (cont.), P de atraque (cont/h) y tasa de ocupación (%) del año 25**

Año	Tráfico cont.	P de atraque cont/h	T. de ocupación %	Atraques Nº
1	302.740	56	31,3%	2
2	313.336	57	31,7%	2
3	324.303	59	32,1%	2
4	335.653	60	32,5%	2
5	347.401	61	32,9%	2
6	359.560	63	33,3%	2
7	372.145	64	33,8%	2
8	385.170	65	34,2%	2
9	398.651	65	35,8%	2
10	412.604	65	24,9%	3
11	427.045	65	26,0%	3
12	441.991	65	27,0%	3
13	457.461	65	28,1%	3
14	473.472	65	29,2%	3
15	490.044	65	30,2%	3
16	507.195	65	31,3%	3
17	524.947	65	32,4%	3
18	543.320	65	33,4%	3
19	562.336	65	34,5%	3
20	582.018	65	35,6%	3
21	602.389	65	36,6%	3
22	623.472	65	37,7%	3
23	645.294	65	38,8%	3
24	667.879	65	39,8%	3
25	691.255	65	40,9%	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

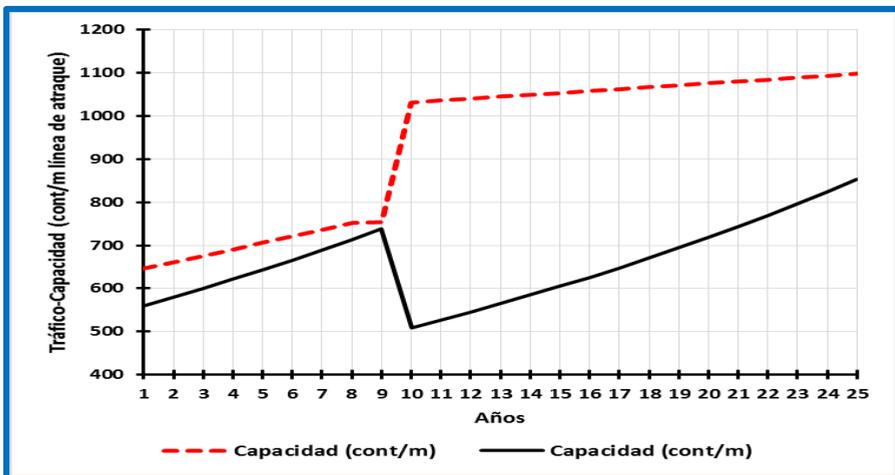
En la **Figura 204** y en la **Figura 205** se plasma la evolución del tráfico y la capacidad anual de la terminal expresada, respectivamente, en contenedores y en cont/m de línea de atraque a lo largo de los 25 años.

**Figura 204: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (contenedores)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Figura 205: Ejemplo: Evolución del tráfico y del capacidad de la terminal (cont/m)**

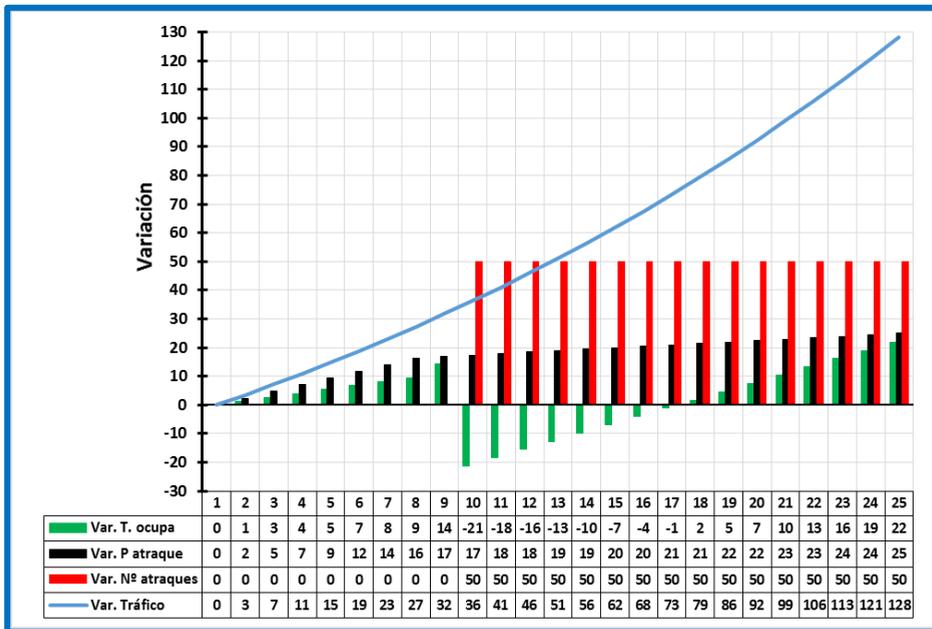


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En resumen, el incremento de tráfico del 128% a lo largo de periodo concesional de 25 años se atiende (**Figura 206**):

- Con un incremento de la productividad de atraque del 25% que pasa de 56 cont/h a 70 cont/h,
- Con un incremento de la tasa de ocupación del 22% que pasa de 31,3% a 38,1%; y,
- Con un incremento de la línea de atraque de un 50% que pasa de 540 m a 810 m.

**Figura 206: Ejemplo: Variaciones de la T. de ocupación, de la P grúas y del nº de atraques en respuesta a la variación de tráfico**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## CAPÍTULO X

# Conclusiones y propuestas

---

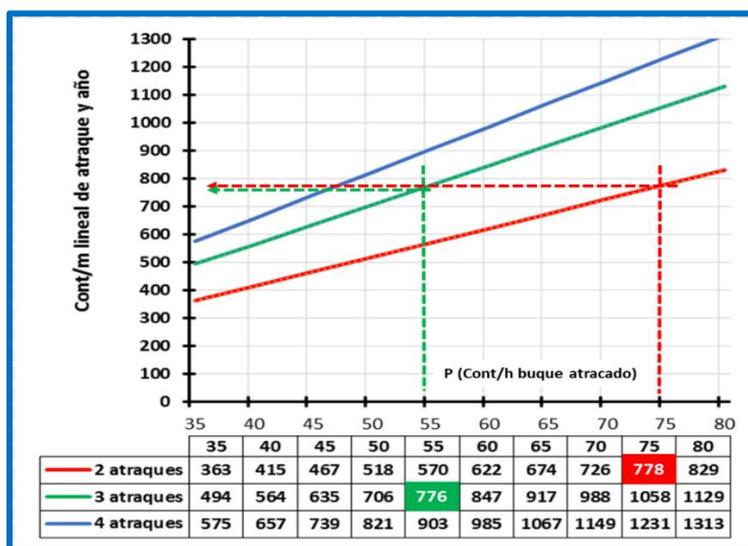
## **X.1. Sobre el concepto de capacidad por línea de atraque y su medición**

Respecto a la primera pregunta formulada: ¿Qué se entiende por capacidad por línea de atraque de una TC? ¿Cómo se mide? se alcanzan las siguientes conclusiones:

- En el desarrollo de la investigación se ha demostrado que en general la definición y el cálculo de la capacidad por línea de atraque de una TC es confuso y no se realiza de forma rigurosa, es decir, no se acota la hipótesis de nivel de servicio para su determinación.
- La productividad por línea de atraque de las terminales a escala mundial viene creciendo de forma sostenida con notables diferencias en los valores por áreas geográficas fruto de distintos escenarios de demanda y de oferta. La capacidad por línea de atraque es el valor que resulta de la productividad por línea de atraque para un determinado nivel de servicio.
- Se advierte en las regiones de mayor productividad por línea de atraque una desaceleración de la mejora del indicador al alcanzar distanciamientos entre grúas por debajo de los 100 metros.
- La capacidad anual por línea de atraque de una terminal es proporcional a la productividad de buque atracado que no se calcula como la productividad media de los buques sino que debe ser ponderada por los tiempos brutos de atraque.
- La capacidad anual por línea de atraque de una TC, sin variación de la longitud de la línea de atraque y para la misma calidad de servicio puede variar en el tiempo en la medida en que lo haga:
  - La distribución de llegadas de los buques
  - El tamaño medio de las escalas (cont/escala)
  - El número de atraques, como consecuencia de la variación de la eslora media ponderada de los buques que escalan
  - El número de grúas de muelle en servicio

- La capacidad anual por línea de atraque de una terminal no es directamente proporcional al número de atraques ya que a mayor número de atraques, para la misma calidad de servicio o espera relativa, crece la tasa de ocupación admisible. Por ejemplo, una terminal M/E4/3, para una calidad de servicio (espera relativa) de 0,1 es un 36% más productiva por atraque que una de 2 atraques. Así, la terminal de 2 atraques, para alcanzar la misma capacidad unitaria por metro de línea de atraque requiere operar a un 36% más de productividad de buque atracado: por ejemplo a 75 cont/h buque atracado frente a 55 (**Figura 207**).

**Figura 207: No linealidad de la capacidad en función del número de atraques: equivalencia en términos de productividad de buque atracado. Sistema M/E4/2 y M/E4/3 para  $\epsilon=0,1$**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Los valores del modelo de capacidad de Drewry de 2010 para terminal con RTG en patio sobreestiman su capacidad en los casos de líneas de atraque inferiores a 900. A partir de tal longitud la subestiman.

## **X.2. Sobre los factores que afectan la capacidad de una TC por línea de atraque**

Respecto a la segunda pregunta formulada: ¿Qué factores y en qué medida inciden en la capacidad de una TC por línea de atraque? se alcanzan las siguientes conclusiones:

- La naturaleza de la explotación de la línea de atraque es estocástica. La aplicación de métodos analíticos (teoría de colas) y de simulación permite relacionar la tasa de ocupación de la línea de atraque con el indicador de calidad de servicio (tiempo de espera/tiempo de servicio) para “n” puestos de atraque. La componente complementaria es la de productividad de buque atracado que se configura junto con el conjunto anterior como elemento de caracterización del nivel de servicio que lleva a la determinación de la capacidad por línea de atraque.
- Cabe clasificar los factores en 5 categorías: de demanda, de entorno (climatológicos y meteorológicos, antrópicos y de gestión, tecnológicos y de oferta. Como se ha puesto de manifiesto, la categoría más determinante de la capacidad alcanzable es la de oferta seguida de la de la demanda si bien es ésta la que orienta el nivel de servicio a conformar. Progresivamente, de la mano de la globalización del mercado y explotación de las TCs los aspectos de gestión y tecnológicos son más homologables. Sin embargo, se va generando una brecha en el factor antrópico relativo a la automatización.
- Los principales factores de oferta son el número de puestos de atraque y el número de grúas por puesto de atraque. El principal factor de demanda es el tamaño de las escalas (mov/buque) que conforme crece permite mayor productividad al posibilitar el incremento de la intensidad en el uso de las grúas de muelle.
- Se propone el indicador de contenedores por metro de eslora como KPI que acota, en términos de demanda, la oferta requerida en términos de intensidad.

### **X.3. Sobre la medición del nivel de servicio por línea de atraque**

Respecto a la segunda pregunta formulada: ¿Qué indicadores debiera incluirse en los contratos de concesión de TCs para acotar y medir el nivel de servicio por línea de atraque? ¿Con qué valores? se alcanzan las siguientes conclusiones:

- Con carácter general y escala global, las concesiones de terminales de contenedores no acotan el nivel de servicio por línea de atraque a conformar en la oferta. Se hace imprescindible avanzar en la materia en los correspondientes contratos de concesión.
- El nivel de servicio por línea de atraque queda determinado por dos de los siguientes indicadores: productividad de buque atracado (P), productividad en puerto, ambos en mov/h o cont/h y por la espera relativa.
- Desde 2013 se ha popularizado el empleo de la productividad de atraque de la mano de JOC que publica los valores alcanzados a nivel de puertos y terminales que le son facilitados por los navieros. Si bien estos valores resultan de gran interés, en la mayoría de los casos no son aplicables al cálculo de la capacidad por cuanto que se trata de cifras de valores medios no ponderadas por los tiempos brutos de atraque ni de todas las operaciones realizadas en la correspondiente terminal o puerto.
- El valor referencial de la calidad de servicio o espera relativa de los buques en terminales de contenedores de 0,1 se justifica por el elevado coste de aquellos y sus ajustadas programaciones.
- El valor de la productividad de atraque (P) debe adecuarse a la demanda (mercado) en función de la oferta de las TCs alternativas, contemplando para ello el tamaño medio de las escalas y el indicador de movimientos o contenedores por metro de eslora, el número de movimientos anuales por grúa de muelle y la distancia entre grúas. Debiera contemplarse como uno de los indicadores a ponderar como criterio de adjudicación de una terminal pública de contenedores.

## **X.4. PROPUESTAS DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

- La primera propuesta no es propiamente una línea de investigación; más bien una necesidad que posibilitará el avance en las líneas de investigación identificadas. Se trata de que los responsables de los sistemas portuarios, puertos, terminales, naveros y transportistas terrestres definan y empleen indicadores técnicos al uso al objeto del mantenimiento y mejora de los niveles de servicio de las terminales de contenedores.
- En la planificación de las operaciones marítimas de una terminal resulta de gran trascendencia prever la productividad de buque alcanzable en cada escala que siempre es singular. Las terminales manejan gran cantidad de datos históricos en sus sistemas operativos (TOS) que adecuadamente explotados permitirían el desarrollo de herramientas de simulación y emulación al objeto de ajustar diversos escenarios de inputs (recursos humanos y de equipos) para el output (nivel de servicio).
- La línea apuntada en el párrafo anterior no sólo debe incorporar factores de oferta y de demanda sino, progresivamente los factores de entorno (climatológicos y meteorológicos), antrópicos y de gestión y tecnológicos. Esto significa la instrumentalización e incorporación de las correspondientes variables como el viento, recursos humanos y equipos empleados que se tornan en inputs de la productividad alcanzada.
- La distribución de las llegadas de los buques condiciona la tasa de ocupación alcanzable para un determinado nivel de servicio y con ello la capacidad de la instalación. Se propone profundizar en el impacto de instrumentos de gestión de la línea de atraque como el sistema de citas (“Windows”).

# Referencias

---

ABELL, D.F. (1980). *Defining the business: the starting point of strategic planning*. New Jersey: Prentice Hall.

AGERSCHOU, H. (2004). *Facilities requirements*. Planning and design of ports and marine terminals, chapter 1 pp. 5-20. Thomas Telford Ltd, London.

ALPHALINER (2015). Weekly Newsletter Issue 30.

AGUILAR, J.; OBRER-MARCO, R. (2008). *Estudio de la línea de atraque*. En: Proyecto de Optimización y Estudio de la Capacidad de Terminales Portuarias mediante Modelos de Simulación de la Explotación: Determinación de niveles de servicio. Hito 3: 27-82. CEDEX, Madrid.

ALMAZÁN, J.L. (2009). *Optimización de la unidad de explotación del concesionario operador de terminal de contenedores. Aplicación al Sistema Portuario Español*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral.

ARNAU, E. (2000). *Utilización de entornos visuales para la simulación de la ocupación de la línea de atraque*. Universidad Politécnica de Valencia. Proyecto final de carrera ICCP.

ASHAR (1985). "Productivity and capacity of container terminals. Part I". *WWS World Wide Shipping* (October/November).

ASHAR (1985-6). "Productivity and capacity of conyainer terminals. Part II". *WWS World Wide Shipping* (December/January).

ASHAR, A. (1997). *Port productivity revisited*. At: Terminal Operations Conference (TOC). Barcelona, 3-5 de junio de 1997.

ASHAR, A. (2009). *Alternative development plan for central Chile ports*. At: Terminal Operations Conference (TOC). Buenos Aires, 10-12 de noviembre de 2009.

ASHAR, A; RODRIGUE, J.P. (2012). *The Geography of Transport Systems*. Hofstra University, Department of Geography, New York.

AUSTRALIAN COMPETITION AND CONSUMER COMMISSION (2014) Container Stevedoring Monitor nº 16, Camberra, Australia.

AUTORIDAD PORTUARIA DE BARCELONA (2006). *Pliego de Bases para la Licitación de la Concesión del Muelle Prat en el Puerto de Barcelona*. APB, Barcelona.

AUTORIDAD PORTUARIA DE MANTA (2006). Contrato de concesión de uso del Puerto Comercial Internacional de Carga de Manta. APM, Manta.

AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA (1996). Contrato de Concesión de la Terminal Pública de Contenedores del Puerto de Valencia en la Ampliación Sur. APV, Valencia.

AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA (2012). *Referencial de calidad de servicio para el tráfico de contenedores*.

AUTORIDAD PORTUARIA NACIONAL

BAIRD, A. J. (2000). "Port privatisation: Objectives, extent, process and the U.K. experience". *International Journal of Maritime Economics*, 2(3): 177-194.

BALTAZAR, R.; BROOKS, M. R. (2006). "Port governance, devolution and the Matching framework: a configuration theory approach". *Research in Transportation Economics*, 17 (1): 379-403.

BICHOU, K and GRAY, R. (2004). "A Logistics and Supply Chain Management Approach to Port Performance Measurement". *Maritime Policy and Management*, 31 (1): 47-67.

BICHOU, K. (2007). *Review of port performance approaches and a supply chain framework to port performance benchmarking*. Devolution, port governance and port performance, chapter 24, pp: 567–598. Elsevier, London.

BICHOU, K (2013). *Port Operations, planning and logistics*. Informa Law from Routledge. Lloyd's Practical Shipping Guides.

BIRD (1971). *Seaports and Seaport Terminals*. Hutchinson University Library, London.

BÖSE, J.W. (2011). *General Considerations on container planning*. Handbook of terminal planning, chapter 1, pp: 3-22. Springer.

BROOKS, M. R.; CULLINANE, K. (2006). "Introduction: Devolution, Port Governance and Port Performance". *Research in Transportation Economics*, 17 (1): 3-28.

BROOKS, M. R.; CULLINANE, K. (2007). *Governance models defined*. Devolution, port governance and port performance, chapter 18, pp. 405–435. Elsevier, London.

BROOKS, M. R.; PALLIS, A. A. (2008). "Assessing port governance models: process and performance components". *Maritime Policy and Management*, 35 (4): 411-432.

BUREAU OF TRANSPORTS ECONOMICS (BTE) (1984). *Container Terminal Productivity in Port Jackson from 1977 to 1981*, Canberra.

BUREAU OF TRANSPORTS ECONOMICS (BTE) (1985). *Container Terminal Productivity in Port Botany: CTAL Terminal 1983*, Canberra.

BUREAU OF INFRASTRUCTURE, TRANSPORT AND REGIONAL ECONOMICS (BITRE) (2015), *Waterline*, 56. BITRE Statistical Report, Canberra ACT.

CAMARERO, A. LÓPEZ, I.; GONZÁLEZ, M.N.; PERY, P. (2011). "Análisis de las diversas metodologías para el estudio del sistema de atraque en terminales portuarias". *Proceedings of the Euro-Mediterranean Scientific Congress on Engineering*: 607-703. Algeciras.

COMISIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA ALIANZA PÚBLICO-PRIVADA (COALIANZA) (2013). *Contrato para el Diseño, Financiamiento, Construcción, Conservación, Operación y Explotación de la Terminal de Contenedores y Carga General de Puerto Cortés*. República de Honduras.

COMISIÓN TÉCNICA DE LA ROM 0.0. ROM. 0.0 (2001). *Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias*. Puertos del Estado, Madrid.

COMISIÓN TÉCNICA DE LA ROM 2.0. ROM 2.0-2011 (2012) *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre*. Puertos del Estado, Madrid.

- 
- COMISIÓN INTERPORTUARIA DE I+D+i (COMIDi) DEL SPTE (2013). *Programa Marco de I+D+i 2013-2016 del Sistema Portuario Español (PROMIDi)*. Organismo Puertos del Estado y Fundación Valenciaport.
- COMMITTEE ON PRODUCTIVITY OF MARINE TERMINALS (1986). *Improving Productivity in US Marine Container Terminals*. MARAD (USA).
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF)-FUNDACIÓN VALENCIAPORT (2010). Formulación de la estrategia del Sistema Portuario Nacional del Perú. Taller de Trabajo. Lima, Perú.
- COSTA RICA (2012). Consejo Nacional de Concesiones. Contrato de concesión de obra pública con servicio público para el diseño, financiamiento, construcción, explotación y mantenimiento de la terminal de contenedores de Moín. San José.
- DE LANGEN, P.W.; NIDJAM, M.; VAN DER HORST, M. (2007). "New indicators to measure port performance". *Journal of Maritime Research*, 4(1): 23-36.
- DE MONIE, G. (1988). *Medición y evaluación del rendimiento y de la productividad de los puertos*. Monografías UNCTAD. Naciones Unidas, Nueva York.
- DE MONIE, G.; THOMAS, B. J. (1998) *Improving port performance: measuring container terminal performance*. l'Institut Portuaire d'Enseignement et de Recherche (IPER) Notes, Le Havre.
- DE MONIE, G. (2005) "Modelos de la financiación de la infraestructura portuaria". *Actas del XI Congreso de Tráfico Marítimo y Gestión Portuaria*: 289-314. Cartagena, España.
- DOERR, O.; SÁNCHEZ, R.J. (2006). *Indicadores de productividad para la industria portuaria*. Aplicación en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura.
- DOERR, O. (2014). *Productividad de activos en terminales de contenedores de América Latina y el Caribe: 2005-2013*. Boletín FAL No 336 – No 8/2014, CEPAL.
- DRAGOVIC, B.; ZRNIC, Dj.; RADMILOVIC, Z. (2006). *Ports & container terminals modeling*. Monograph. University of Belgrade, Belgrade.
-

DREWRY (1998). *World container terminals*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.

DREWRY (2002). *Global container terminals: profit, performance and prospects*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.

DREWRY (2010). *Container terminal capacity and performance benchmarks*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.

DREWRY (2014a). *Annual review of global container terminal operators*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.

DREWRY (2014b). *Container terminal capacity and performance benchmarks*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.

DUCRUET, C.; HIDEKAZU, I.; MERK, O. (2014). *Time efficiency at world container ports*. Discussion Paper 2014-08, OECD.

ENRIQUEZ, F (1961). "Productividad portuaria". *Revista de Obras Públicas*, Madrid.

ENRIQUEZ, F. (1993). *El Plan Estratégico: un instrumento para la gestión portuaria*. Instituto Portuario de Estudios y Cooperación (IPEC). Autoridad Portuaria de Valencia.

ESCUTIA, R.; MONFORT, A. (1990). Análisis económico-financiero de la Ampliación Sur del Puerto de Valencia. Puerto Autónomo de Valencia.

ESPAÑA (2008). Orden MFOM/938/2008, de 27 de marzo, que aprueba el pliego de condiciones generales para el otorgamiento de concesiones en el dominio público portuario estatal.

ESPAÑA (2011). Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (LPMM). Boletín Oficial del Estado, 20 de octubre de 2011, Madrid.

ESPO/ITMMA (2008). *The awarding of seaport terminals in Europe*. Prepared by Theo Notteboom.

ESPO (2011). *European Port Governance: The ESPO fact-finding report*. Prepared by Patrick Verhoeven.

FOURGEAUD, P. (2000). *Measuring Port Performance*. The World Bank.

FRATAR, T.J., GOODMAN, A.S., BRANT, A.E. (1961). "Predictium of maximun practical berth occupancy". *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 126. Nº 4, pp 632-641.

GARRIDO, S. (2006). *Dirección Estratégica*. McGraw Hill, Segunda Edición, Madrid (España).

GERMANISCHE LLOYD (2008). *Container Terminal Quality Indicator standard: the concept of increasing container terminal efficiency*. Germinanische Lloyd Certification, Hamburg.

GIL, C. (2007). *Definición de los niveles de servicio de las terminales portuarias*. Universidad Politécnica de Cataluña. Tesina.

GIMBERT, X. (2010). *Estrategia*. El MBA del ESADE. Barcelona: Editorial Planeta, 2010.

GHOBADIAN, A.; HUSBAND, T (1990). Measuring total productivity using production functions, *International Journal of Production Research*, 28(8), 1.435-1.446.

GONZÁLEZ, M.M. (2004). *Eficiencia en la provisión de servicios de infraestructura portuaria: Una aplicación al tráfico de contenedores de España*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Tesis doctoral.

GONZÁLEZ, M.M.; TRUJILLO, L. (2006). *La medición de la eficiencia en el sector portuario: revisión de la evidencia empírica*. Universidad de la Laguna; Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

GONZÁLEZ, M.N. (2007). *Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico marítimo*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral.

- GOSS, R. (1990). "The Economic Functions of seaports". *Maritime Policy and Management*, 17 (3): 207–219.
- HAM, H.C van; RIJSENBRIJ, J. (2012). *Development of Containerization: Success through Vision, Drive and Technology*. IOS Press BV, Amsterdam.
- HAMILTON, C. (1999). *Measuring container port productivity. The Australian Experience*. Background Paper nº 17.
- HARTMANN, S.; POHLMANN, J.; SCHNKNECHT, A. (2011). *Simulation of Container Ship Arrivals and Quay Occupation*. Handbook of Terminal Planning, chapter 8, pp. 135-154. Springer, New York.
- HEINRICH, T. (2014). *Competitive landscape and the impact on terminals and others*. HTG Workshop 2014.
- HENESEY, L.E. (2004). *Enhancing container terminal performance: a multi agent systems approach*. Department of Systems and Software Engineering. Blekinge Institute of Technology, Karlshamn, Sweden. Licentiate thesis.
- HENESEY, L.E. (2006). *Multi agent systems for container terminal management*. Blekinge Institute of Technology, Karlshamn, PhD Thesis.
- IMAI, A.; NISHIMURA, E.; PAPADIMITRIOU, S. (2001). "The Ddynamic berth allocation problem for a container port". *Transportation Research Part B: Methodological*, 35, 401-417.
- IMAI, A.; NISHIMURA, E.; PAPADIMITRIOU, S. (2003). "Berth allocation with service priority". *Transportation Research Part B: Methodological*, 37, 437-457.
- IMAI, A.; NISHIMURA, E.; PAPADIMITRIOU, S. (2007). "Berthing Ships at a Multi-User Container Terminal with a Limited Quay Capacity". , *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44 (1), 136-151.
- INDIA (2010). Ministry of Shipping. *Performance Audit of Functioning of Major Port Trust in India*. Report No. 3 of 2009-10 for the period ended March 2009.

- 
- ISLAM, S; OLSEN, T. L. (2011) "Factors affecting seaport capacity". *Proceedings of 19th International Congress on Modelling and Simulation: 412-418*. Perth, Western Australia.
- ISLAM, S.; OLSEN, T. L. (2013). "Factors affecting seaport capacity: Managerial implications for a simulation framework". *Proceedings of 22nd National Conference of the Australian Society for Operations Research: 84:90*, Adelaide, Australia.
- JOURNAL OF COMMERCE (2013). Introducing JOC port productivity. *Journal of Commerce*. 14(3).
- KAPLAN R.S.; NORTON, D.P. (1997). *El Cuadro de Mando Integral (the Balanced Scorecard)*. 3ª reimp. Gestión 2000, Barcelona.
- KAPLAN R.S.; NORTON, D.P. (2004). *Mapas Estratégicos*. Gestión 2000, Barcelona.
- KENT, P.E.; ASHAR, A. (2010) "Indicators for port concessions contracts and regulation: the Colombian case". *IAME 2010 Conference, Lisbon, Portugal*.
- KRUK, C.B.; DONNER, M (2009). *Freight Transport for Development Toolkit: Ports & Waterborne Freight*. Transport Research Support program The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington.
- KUO, T.-C.; HUANG, W.-C.; WU, S. C.; et al. (2006) "A case study of inter-arrival time distributions of container ships". *Journal of Marine Science and Technology*, 14(3): 155-164.
- LANE, A.; MORET, CH. (2014). Impact of ever larger vessels on terminals. *Port Technology International*, 64: 18-20.
- LÓPEZ, I; CAMARERO, A.; NEGRO, V.; GONZÁLEZ, N. (2011). "Terminales multicliente versus terminales dedicadas. Estudio del caso del Puerto de Valencia (España)". *IAME 2011 Conference, Santiago de Chile*.
- LÓPEZ, I; CAMARERO, A.; GONZÁLEZ, N.; CAMARERO, A (2012). "Berth Management in Container Terminals: Quality of Service". *Journal of Shipping and Ocean Engineering* 2 (2012) 340-362.
-

LÓPEZ, I. (2012). *Métodos para el cálculo de la capacidad portuaria*. Editorial Económica Española.

LÓPEZ, I. (2013). *Criterios de calidad del servicio prestado en el ámbito de la línea de atraque de las terminales portuarias de contenedores*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral.

MARAD USA (Moffat and Nicholst) (1986, updated versión of the 1979 edition) *Port handbook for estimating marine terminal cargo handling capability*. USA Department of Commerce.

MARTÍN-SOBERÓN, A.M., (2010). *Planificación estratégica y adaptación del Cuadro de Mando Integral para terminales portuarias de contenedores*. Universidad Pontificia de Comillas de Madrid, Máster en Gestión Portuaria y Transporte Intermodal, Tesina Fin de Máster.

MARTÍN-SOBERÓN, A.M.; MONFORT, A; SAPIÑA, R.; MONTERDE, N; CALDUCH, D. (2014). Automation in port container terminals. *XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014) Procedia - Social and Behavioral Sciences 160 (2014) 195 – 204*.

MEDAL, M.A.; SALA, R. (2011). *Análisis de la eficiencia del sistema portuario español: Estructura, evolución y perspectivas*. Fundación Valenciaport, Valencia.

MESTROVIC, R.; DRAGOVIC, B.; ZRNIC, DJ.N.; SKURIC, M. (2013). "A multi-server queuing model study of specific cost ratio in a port". *Journal Tehnički vjesnik – Technical Gazette*, 20 (5): 781-786.

MILANI, P.; VIEIRA; G.B.B.; MONFORT, A.; VERRUCK, F.; BIRCH, R. (2015). Analysis of the relationship between port management model and efficiency in container ports. *Revista Gestão Industrial*, v.11, n. 02: p: 01-25. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Brasil).

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (MOPT, 1992). *Manual de evaluación de inversiones en puertos*.

MOLINA, R. (2014). *Caracterización de la agitación local y la repuesta oscilatoria de un buque mediante el uso de técnicas de visión artificial. Aplicación al análisis*

---

*de los umbrales en líneas de atraque y amarre*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral.

MONFORT, A. (1995). "Planning for Quality: a course of action for the development of a container terminal". *PIANC Bulletin*, 86: 95-111.

MONFORT, A. et AL. (1999). "Automatización de terminales marítimas de contenedores: El proyecto Valencia Terminal 2000". *V Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas*. La Coruña, España.

MONFORT, A.; GÓMEZ-FERRER, R.; AGUILAR, J. (2000). "La medición del rendimiento portuario como elemento de competitividad: el caso de las terminales de contenedores". *En: Actas del IV Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2000)*, Valencia, España.

MONFORT, A. (2001A). "Gestión y explotación de terminales de contenedores: Equipamientos". *1er Encuentro Iberoamericano sobre Intercambio Tecnológico Portuario*. Salvador de Bahía, Brasil.

MONFORT, A.; AGUILAR, J.; GÓMEZ-FERRER, R.; et al. (2001B). *Terminales marítimas de contenedores: el desarrollo de la automatización*. Fundación Instituto Portuario de Estudios y Cooperación de la Comunidad Valenciana, Valencia.

MONFORT, A. (2008). "Rendimiento y productividad en terminales". Terminal Operations Conference (TOC). Guayaquil, Ecuador.

MONFORT, A.; SAPIÑA, R.; VIEIRA, P.; et al. (2008). *Estudio de las terminales de contenedores*. Proyecto de Optimización y estudio de la capacidad de terminales portuarias mediante modelos de simulación de la explotación: determinación de niveles de servicio. Informe inédito. Hito 3, pp: 83-132. CEDEX, Madrid.

MONFORT, A.; MONTERDE, N.; SAPIÑA, R. MARTÍN-SOBERÓN, A; CALDUCH, D.; VIEIRA, P. (2011A). *La terminal portuaria de contenedores como sistema nodal en la cadena logística*. Fundación Valenciaport, Valencia.

MONFORT, A.; AGUILAR, J.; VIEIRA, P.; MONTERDE, N.; OBRER, R.; CALDUCH, D.; MARTÍN, A. M.; SAPIÑA, R. (2011B). *Manual de Capacidad Portuaria: Aplicación a Terminales de Contenedores*. Fundación Valenciaport, Valencia.

MONFORT, A.; MONTERDE, N.; SAPIÑA, R.; MARTÍN-SOBERÓN, A; CALDUCH, D.; VIEIRA, P. (2012). *Innovaciones tecnológicas y de gestión en terminals de contenedores*. Fundación Valenciaport, Valencia.

MONTEIRO, M.F. (2013.) *Productivity in the Container Port Business - Focus on the Mediterranean Range*. University of Antwerp. PhD Thesis. pp. 278.

MORAL, R. DEL (1991). *Pasado y futuro del Puerto de Valencia: Un Enfoque Económico*. Tesis de Máster. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia

NATHAN ASSOCIATES ET AL. (2012). *Academic paper to support National Port Master Plan Decree. Creating an Efficient, Competitive and Responsive Port System for Indonesia*. Indonesia Infrastructure Initiative (Australian Aid).

NATIONAL TRANSPORT DEVELOPMENT POLICY COMMITTEE (2014). *India Transport Report: Moving India to 2032*. Planning Commission. Government of India.

NEARY, B. (2014). *Port Productivity and the Current effects of larger vessels*. JOC Group [www.Mainemaritime.edu](http://www.Mainemaritime.edu).

NICOLAU, S.N. (1967). "Berth planning by evaluation of congestion and cost". *Journal of the Waterways and Harbors Division*. 93 (4): 107-132.

NIVEN, P.R. (2003). *El Cuadro de Mando Integral paso a paso*. Gestión 2000, Barcelona.

NOTEBOOM, T. (2007). *Concession agreements as port governance tools. Devolution, port governance and port performance*, chapter pp: 405-435. Elsevier, London.

NOTEBOOM, T.; VERHOEVEN, P.; FONTANET, M. (2012). "Current practices in European ports on the awarding of seaport terminals to private operators: towards an industry good practice". *Maritime Policy & Management*, 39 (1): 107-123.

- OCEAN SHIPPING CONSULTANTS (1998). *Mediterranean containerisation. Growth prospects to 2010*. Chertsey, United Kingdom.
- OCEAN SHIPPING CONSULTANTS (2006). *The European & Mediterranean containerport markets to 2015*. Chertsey, United Kingdom.
- OCEAN SHIPPING CONSULTANTS (2013). *Container terminal productivity. TPM (Trans Pacific Maritime Conference) 2013*, Long Beach, USA.
- OSITRAN (2014). *Informe de desempeño 2013 de las concesiones de los terminales portuarios de Paita, Muelle Norte y Muelle Sur del Callao*. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos, Lima.
- PACECO (2015). *Portainer brochure*. [www.paceco.es](http://www.paceco.es).
- PARK NK.; DRAGOVIC, B. (2009). "A Study of Container Terminal Planning". *Faculty of Mechanical Engineering (FME) Transactions*, 37: 203-209, Belgrade.
- PAWELLEK, G.; SCHONKNECHT, A. (2011). *Cost and Performance Evaluation Impacts of Container Vessels on Seaport Container Terminals*. Handbook of Terminal Planning, chapter 11, pp: 195-215. Springer.
- PORT METRO VANCOUVER (2014). *Container capacity improvement program*. [www.robertsbankterminal2.com](http://www.robertsbankterminal2.com).
- PORTER, M. (1985). *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. Nueva York: The Free Press, 1985.
- PORT OF ROTTERDAM AUTHORITY (2007). *Coordination of business plans for major ports in India. Consolidated port development plan*. Indian Ports Association.
- PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA (2015). *South África port terminals: capacity and utilisation review 2014-2015*.
- POWER, T. (2015). *Liner shipping: key challenges*. Drewry Shipping Consultants. Intermodal Asia 2015.
- PRODUCTIVITY COMMISSION (1998). *International Benchmarking of container stevedoring*. Melbourne, Commission Research Paper.

PRODUCTIVITY COMMISSION (2003). *Work Arrangements in Container Stevedoring*. Research Report, AusInfo, Canberra.

PUERTOS DEL ESTADO (2012). *Referencial de calidad de servicio para el tráfico de contenedores*.

PUERTOS DEL ESTADO (2013). *Programa Marco de I+D+i del Sistema Portuario de Titularidad Estatal*.

RODRÍGUEZ, F. (1977). *Capacidad de los muelles*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid.

RODRÍGUEZ, F. (1985). *Dirección y explotación de puertos*. Puerto Autónomo de Bilbao, Bilbao.

SANZ, M.; JUSTE, D.; LOZANO, C. et al. (2010). "Multilevel approach modeling for port container terminal simulation". *Proceedings of International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation*. Fez, Marruecos.

SAPIÑA, R (2007). *Indicadores de calidad en terminales de contenedores*. Boletín de la Fundación Valenciaport, núm. 34, p. 1.

SAPIÑA, R. (2008). *Indicadores de productividad en terminales de contenedores*. Boletín de la Fundación Valenciaport, núm. 45, p: 1-2.

SAURI, S. (2006). *Modelización y regulación óptima de las concesiones de terminales portuarias de contenedores*. Universidad Politécnica de Barcelona. Tesis doctoral.

SAURI, S.; MARTIN, E. (2011), "Space Allocating Strategies for Improving Import Yard Performance at Marine Terminals", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47 (6): 1038-1057.

SCHREUDER, M. (2005) "Application of approximate performance indicators for master planning of large ports". *Port Technology International*, 26: 19-22.

STAHLBOCK, R.; VOSS, S. (2007). "Operations Research at Container Terminals: A Literature Update". *OR Spectrum*, 30:1-52.

- 
- STEENKEN, D.; VOSS, S. STAHLBOCK, R. (2004). "Container terminal operation and operations research: A classification and literature review". *OR Spectrum*, 26: 3-49.
- SYDNEY PORTS CORPORATION (2003). "Port Botany expansión: Trade and Capacity study". Prepared by Access Economics and Maunsell Australia.
- TANIGGUCHI, E.; NORITAKE, M.; YAMADA, T; IZUMITANI, T. (1999)."Optimal Size and Location Planning of Public Logistics Terminals". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 35 (1): 207-222.
- TARDIFF. L-P (2010), TRANSPORT CANADA. *Measuring Supply Chain Performance: A Government Perspective*. Canada's Asia Pacific Gateway Initiative Workshop, Toronto.
- THEOFANIS, S.; BOILE, M; GOLIAS, M.M. "Container Terminal Berth Planning: Critical Review of Research Approaches and Practical Challenges". *Journal of the Transportation Research Board, No. 2100, Transportation Research Board of the National Academies*, pp. 22–28. Washington, D.C.
- THE TIOGA GROUP (2010). "Improving Marine Container Terminal Productivity: Development of Productivity Measures, Proposed Sources of Data and Initial Collection of Data from Proposed Sources". Cargo Handling Cooperative Program, MARAD, USA.
- THIVIERGE, R. (2012) TRANSPORT CANADA "Canada's gateways: supply chain performance monitoring initiatives". *International Transport Forum*, Leipzig, Germany.
- THOMAS, B. J. (1985). *Operations planning in ports*. UNCTAD Monographs on Port Management
- THORESEN, C.A. (2010). *Port designer's Handbook: recommendations and guidelines*. Thomas Telford Ltd. London.
- UNCTAD (1971). *Estadísticas portuarias*. Naciones Unidas, Nueva York.
- UNCTAD (1976). *Indicadores de rendimiento de los puertos*. Naciones Unidas, Nueva York.

UNCTAD (1979). *Manual on a uniform system of port statistics and performance indicators* (2nd edition, 1983 and 3rd edition 1987). United Nations, Geneva.

UNCTAD (1984). *Desarrollo portuario. Manual de planificación para países en desarrollo*. 2ª ed. Naciones Unidas, Nueva York.

UNCTAD (1998). *Guidelines for port authorities and governments on the privatization of ports facilities*. Naciones Unidas, Ginebra.

UNCTAD (2014). *Review of maritime transport*. Nueva York y Ginebra.

UNCTAD (2015). *Review of maritime transport*. Nueva York y Ginebra.

VAN DEN BOS, W. (2005). "Wind influence on container handling, equipment and stacking". *Port Technology International*, 29, pp XX

VIEIRA, G.B.B.; KLIEMANN NETO, F.J.; MONFORT, A. (2013). "Gobernanza en cadenas logístico-portuarias de contenedores: proposición de un modelo conceptual". *Espacios*, 34 (5).

VIEIRA, P.; SAPIÑA; R.GIMÉNEZ, J.A. ET AL. *Guía de eficiencia energética en terminales portuarias de contenedores (Proyecto EFICONT)*. Fundación Valenciaport, Valencia.

VIS, I. F. A., and R. DE KOSTER, R. "Transshipment of Containers at a Container Terminal: An Overview". *European Journal of Operational Research*, 147: 1–16.

WORLD BANK (2007). *Port Reform Toolkit*. Second Edition. Washington D.C.

YARZA, I; SAPIÑA, R.; MARTÍN-SOBERÓN, A.M.; MONFORT, A.; MONTERDE, N; CALDUCH, D. (2014). Aplicación de la simulación en la planificación y explotación de terminales portuarias de contenedores. *XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014), Santander*.

# Anejo 1

---

Relación ilustrativa de tesis doctorales (2000-2014) relacionadas con la gobernanza, planificación y explotación de terminales de contenedores

## Anejo 1

### TESIS DOCTORALES (2000-2014) relacionadas con la gobernanza, planificación y explotación de terminales de contenedores

Año	Autor	Universidad	Título
2000	Choi, Y.S	Pusan National University	Simulator for Port Container Terminal using an object oriented approach
2000	Zhang, C.	Hong Kong University of Science and Technology	Resource planning in container storage yards
2002	Tovar, B.	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Análisis multiproductivo de los costes de manipulación de mercancías en terminales portuarias: el Puerto de la Luz y de Las Palmas
2002	Meersman, P.J.M.	Erasmus University Rotterdam	Optimization of container handling systems
2003	Langen de, P.W.	Erasmus University Rotterdam	The performance of seaports clusters
2004	González, M.M.	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Eficiencia en la provisión de servicios de infraestructura portuaria: Una aplicación al tráfico de contenedores de España
2004	Acciari, M.	Erasmus University Rotterdam	Private Sector Financing of Container Terminal Infrastructure
2004	Saenen, I	Delft University of Technology	An approach for designing robotized marine container terminals
2004	Maneoglu, M.	Erasmus University Rotterdam	Seeking Pareto Improvements in Container Terminals
2005	Niswari, A.	Erasmus University Rotterdam	Container Terminal Expansion to Build Capacity: A case study
2005	Gaur, P.	University of Antwerp (ITMMA)	Port planning as strategic tool: a typology
2005	Nazari, D.	Erasmus University Rotterdam	Evaluating container yard layout: A simulation approach
2006	Saurí, S.	Universidad Politécnica de Cataluña	Modelización y regulación óptima de las concesiones de terminales portuarias de contenedores
2006	Henesey, L.E.	Blekinge Institute of Technology	Multi-Agent Systems for Container Terminal Management
2007	González, M.N.	Universidad Politécnica de Madrid	Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico
2009	Almazán, J.L.	Universidad Politécnica de Madrid	Optimización de la unidad de explotación del concesionario operador de terminal de contenedores. Aplicación al Sistema Portuario Español
2010	Liu, Q.	University College London	Efficiency Analysis of container ports and terminals
2011	Vacca, I.	École Fédérale de Lausanne	Container Terminal Management: Integrated Models and Large-Scale Optimization Algorithms
2012	Mingzhu, Y.	Hong Kong University of Science and Technology	Essays on Container Terminal Operations Management and Competition
2013	López, I.	Universidad Politécnica de Madrid	Criterios de calidad del servicio prestado en el ámbito de la línea de atraque de las terminales portuarias de contenedores
2013	Fernández, G.	Universidad Politécnica de Madrid	Estudio de la viabilidad técnica y económica del establecimiento de una terminal de contenedores automatizada en el mediterráneo
2013	Monteiro, M.F.	University of Antwerp	Productivity in the Container Port Business - Focus on the Mediterranean Range
2014	Martín, E.	Universidad Politécnica de Cataluña	Strategies for improving import yard performance at container marine terminals
2014	Serra, P.	University of Palermo	Human resources management in marine container terminals: optimisation methods and policy implications

# Anejo 2

---

*Checklist of Concession/BOT Agreement Provisions*

## CHECKLIST OF CONCESSION/BOT AGREEMENT PROVISIONS

1. **Introduction and recitals:** Parties to the agreement, general considerations.
2. **Definitions:** Definitions are important and should be thorough. Usually they are included in a schedule to the agreement.
3. **Conditions precedent:** Those conditions that have to be fulfilled by the concessionaire and the port authority before the main provisions of the concession take effect.
4. **Grant of concession:** This provision sets out the exclusive right of the concessionaire to enter upon, occupy, possess, enjoy the benefits of, and use of the terminal.
5. **Term of the agreement:** The term of the concession is usually between 30 and 35 years for a BOT agreement. In case of a concession without BOT, the term may be in the order of 10 to 15 years.
6. **Employment:** Provisions regulating the position of employees of the port authority who will be taken over by the new terminal operator, especially with respect to salaries, pension rights, and retrenchment (if any). This provision obviously only applies to a situation where an existing port authority owned terminal is being concessioned.
7. **Transfer of assets:** This applies to the transfer of full rights and ownership, as well as leasehold or license interests (if any) in all the movable assets and facilities in the case of the concessioning of an existing terminal.
8. **Hand-over of the terminal:** The port authority shall hand-over the concession area, the operational port infrastructure and movable assets and facilities, and books and records in relation to the operations of the terminal (if any) by giving the sole, exclusive, and vacant possession thereof to the concessionaire.
9. **Exclusivity:** After the completion of the construction of a new terminal under a BOT, the new operator may be granted exclusivity rights for a limited period, usually three to five years. These rights allow the

concessionaire to build up business without being directly confronted by a competing facility.

10. **Project:** This provision gives a general description of the project. This might be the management and operation of an existing terminal as well as a possible extension.
11. **Project document compliance:** The concessionaire is not allowed to materially vary the project documents. Project documents are the concession agreement, the site lease, the port services agreement, the financing documents, the design contract, and the building contract. The concessionaire may vary the building contract under certain conditions.
12. **Project finance:** The government or port authority acknowledge the necessary financing of the project by lenders such as commercial banks or the IFC. The government or port authority usually conclude with the lenders a lenders direct agreement. This agreement regulates the rights and obligation between the government or port authority and the lenders in the event that the concession is terminated by the government or the lenders exercise their rights under the security documents.
13. **Lenders security:** The concessionaire is allowed to create forms of security over any movable assets or facilities owned or leased by the concessionaire, or other property rights forming part of its interest in the project in favor of any lender for the duration of the debt financing.
14. **Functional requirements:** The functional requirements of the extension works comprise main characteristics of the terminal (transshipment/domestic, multiuser/dedicated), and the main construction elements such as quay lengths, types of gantries, depth alongside, and so forth.
15. **Design solution:** Comprises design and construction methods.
16. **Design development:** The port authority shall receive all calculations, designs, design information, specifications, plans, programs, drawings,

graphs, and so forth in relation to the extension works and the operations and has the right of control of such documents.

17. **Design flaws:** Procedures to be followed when the concessionaire becomes aware of any failure of the design solution or the design data.
18. **Applicable permits:** The provision includes the willingness of the government or port authority to assist the concessionaire in obtaining the permits, licenses, and so forth to operate or build the terminal or terminal extension.
19. **Concession area conditions:** Before starting the construction, the concessionaire is deemed to have inspected the concession area. The government or port authority shall reject all liability for claims.
20. **Archaeological items or geological items:** All fossils, minerals, antiquities, wrecks, or structures of particular geological or archaeological interest on or under the concession area shall be deemed to be the absolute property of the government or port authority.
21. **Building contract:** The concessionaire shall have the right to and responsibility for selecting the designer and the builder and agreeing on the provisions of the design contract and building contract, without the approval of the port authority.
22. **Construction program:** The construction program is an important part of the concession. A detailed construction program, including milestones and milestone achievement dates, is included with one of the schedules. Every relevant part of a construction program has a milestone sunset date, which is defined as the latest date to achieve a milestone that is part of a construction program under a concession agreement. Nonachievement of a milestone sunset date constitutes a termination event for the port authority (see number 25 below).
23. **Progress reviews:** A provision with respect to monthly progress reports.
24. **Extension events:** An extension event prevents or delays the concessionaire from complying with the obligations of the concession during the design and construction period of the terminal. If an extension event occurs, the construction time will be extended.

25. **Sanctions for late completion:** The project elements should be completed by the relevant milestone achievement dates. Nonachievement of a milestone sunset date constitutes a termination event for the port authority.
26. **Commissioning of the project phases:** An appointed test certifier conducts commissioning tests during project phases that must be passed to allow the project to continue.
27. **Operator's operational functions and activities:** All the operational functions and activities allowed under the concession are listed in detail.
28. **Port authority's port services:** The port services of the port authority such as pilotage, towage, vessel traffic management, mooring and unmooring, provisions of water, and so forth are listed. Details of these services are usually included in a separate port services agreement with the port authority.
29. **Berthing priorities:** These priorities might be agreed upon between the port authority (harbormaster) and the concessionaire, but must be nondiscriminatory and subject always to such rules and regulations as may be made from time to time under applicable laws.
30. **Security:** Provision with respect to the tasks and obligations of both the concessionaire and the port authority, within the framework of the ISPS code.
31. **Use of the terminals:** The operator has the sole right to carry out the port operations and construction activities within the concession area. Also in this article, the issue of multiuser versus dedicated use of the terminals should be regulated.
32. **Operator's operational performance standards:** A port authority may set performance standards such as a minimum number of crane moves per hour, a minimum berth hour productivity, or a maximum vessel turn around time, and so forth.
33. **Maintenance of movable assets, facilities, and infrastructure:** In view of the fact that the terminal will be handed over to the port authority

after termination or expiry of the concession, maintenance standards both for equipment and infrastructure maintenance should be included.

34. **Operational subcontracting:** The concessionaire or sponsor is usually given the right to conclude a management contract with a qualified operator, subject to approval of the port authority.
35. **Tariff regulation:** The provision may be necessary in case of the requirement to regulate the changes to tariffs for handling of domestic cargoes in the event of a dominant position of the concessionaire in a certain port or a series of competing ports.
36. **Tariff setting:** The concessionaire has the right to freely set tariffs without interference of the government or port authority, subject to possible competition regulation.
37. **Site lease:** Main characteristics of the site lease are included in this article, such as price and number of square meters of the area. The site lease itself is a separate document that is part of the concession. The lease rent should be indexed for inflation.
38. **TEU fee:** The fee is usually expressed in dollars or other hard currency for each TEU (other than restows) handled over the ship's rail. This article establishes the (variable) price per TEU per annum the concessionaire pays to the port authority during the term of the concession. The TEU fee should be indexed for inflation. The structure of TEU fee payments might include (number of) minimum guaranteed throughput levels.
39. **Bank guarantee:** The port authority may require a bank guarantee of the concessionaire with respect to the minimum guaranteed throughput levels.
40. **Refinancing:** The port authority may require approval in case of refinancing of the project. Instead of a bank guarantee, the port authority may require a performance bond for the throughput guaranteed and the overall obligations within the concession by the concessionaire, which is often based on the business plan submitted by the concessionaire in the bid proposal.

41. **Release from rents, taxes, levies, and other obligations and dues:** Sometimes the government or port authority grants the concessionaire release from taxes during a certain period. The terminal may also get a free zone status, which implies considerable tax advantages.
42. **Payments to the government:** Any payment made by the concessionaire to the port authority shall be considered as a valid settlement of the operator's obligations under the concession.
43. **Information supply:** The concessionaire shall supply specific information to the port authority on throughput or vessels on a monthly and annual basis.
44. **Legal compliance:** The concessionaire shall at all times during the term of the concession comply with all applicable laws, directives, and the conditions of all applicable permits.
45. **Change in law:** This article is necessary to mitigate the effect of a change in law that materially affects the operations and financial position of the concessionaire. It sets out detailed provisions describing which changes in law apply, such as changes in taxation, institutional conditions, nationalization, and so forth. Under certain conditions the government or port authority compensates losses sustained by the concessionaire as result of a change in law event.
46. **Force majeure:** Any event or circumstance or combination of events, whenever occurring, that is outside the control of the affected party, could not be avoided, prevented, overcome, or mitigated with reasonable foresight and materially prevents, hinders, or delays performance of a party's obligations under the concession. Typical force majeure events are tsunamis, earthquakes, or other acts of God; nuclear explosions; radioactive, biological, or chemical contamination; war, invasion, embargo, military coup, or revolution; and so forth.
47. **Insurance:** Insurance covers required by the port authority to be taken out by the concessionaire both for operations and for construction of new terminal facilities.

48. **Ownership of assets:** This relates to the right of the concessionaire to own mobile assets and (sometimes) buildings in the concession area.
49. **Option to continue:** The port authority may grant an option to continue or a right of first refusal after the expiry of the concession.
50. **(Interim) termination by the government:** This article comprises detailed events that may lead to termination of the concession by the government, such as a material breach of the concessions, nonpayment of fees, and so forth.
51. **Termination by the operator:** The concessionaire might terminate the concession when a material breach occurs by the government or port authority of their obligations under the concession.
52. **Termination procedure:** In the event of termination either by the port authority or the concessionaire, a termination procedure is agreed on that sets out detailed provisions of the rights and obligations of the parties, such as notice to terminate, remedial program, and information to the lenders of the concessionaire.
53. **Rights cease:** On termination or expiry of the concession, all future rights and obligations of the port authority and the concessionaire shall cease and the site lease and the port services agreement shall also be terminated automatically.
54. **Termination compensation:** In case of termination by one of the parties to the concession, the ports authority shall pay termination compensation. Depending on which party terminates the agreement, the termination compensation consists of a percentage of the fair value, established by an independent expert. There are several methods used to determine the fair value, which should be stipulated in advance in the concession agreement. Methods used include historical cost, inflation adjusted historical cost, depreciated replacement cost, optimized depreciated replacement cost or modern equivalent asset value, and optimized depreciable value. The expert shall never apply any earnings-based valuation methodology or any goodwill in the business of the concessionaire.

55. **Hand-back:** After expiry of the concession, the concessionaire shall hand back the entire terminal to the port authority. This article includes detailed instructions and technical requirements and procedures on how the hand-back shall take place. This is to assure the proper state of the facilities when returned to the port authority.
56. **Asset transfers on expiry or termination:** It is necessary to regulate the good cooperation between the port authority and the concessionaire regarding the hand-back of the facilities to the port authority.
57. **Information technology (IT) license:** At the end of the concession, it might be necessary to transfer IT licenses to the port authority to guarantee uninterrupted operation on the terminal during transfer to a new operator.
58. **No share or liability acquisition:** This article sets out the terms and conditions in case of participation of the port authority in the capital of the concessionaire or vehicle company.
59. **Employees:** At the expiry of the concession, the position of the employees will have to be regulated. Usually they will be transferred to the new operator with certain conditions such as the continuation of earlier salaries and benefits as well as accrued pension rights.
60. **Conflict resolution:** This article sets out detailed procedures for conflict resolution including international arbitration.
61. **Waiver of immunity:** It will be necessary for the government and the port authority to waive most forms of sovereign immunity to create a level playing field with a private concessionaire.
62. **Recognition of lenders' rights:** The port authority may include in the concession a special recognition of the lenders who will be deemed to be beneficiaries under the concession.
63. **Performance monitoring:** A general provision in the event that a party fails in the performance of its obligations under the concession. When that failure is capable of remedy, the affected party may serve a notice on the other party requiring such other party (at its own cost) to remedy that failure.

64. **Transfer committee:** The committee, consisting of representatives of both the port authority and the concessionaire, is responsible for the transfer process at the termination or expiry of the concession.
65. **Responsibilities:** The port authority and the concessionaire shall be solely responsible for the performance of their functions and services and for all the acts, or failures to act, of itself and of its contractors, subcontractors, suppliers, and agents.
66. **Liabilities:** Neither the government, the port authority, nor the concessionaire shall be liable to the other for any loss, cost, liability, or expense arising from any breach of the agreement other than for actual loss directly resulting from the breach.
67. **Confidentiality:** The parties may agree to keep the details of the concession confidential during a certain period.
68. **Disclosed data:** Restriction by the government or port authority for the liability of disclosed data on the terminal or concession area.
68. **Change in institutional structures:** During the term of the concession, the institutional structure of the government or the port authority may change. The concessionaire agrees with the variation of the concession, provided that such variation does not affect its rights, obligations, and liabilities under the agreement.
69. **Variations:** Variations in the project documents shall only be valid if they are in writing and signed by or on behalf of each of the parties
70. **Applicable law:** Establishment of the law applicable to the concession. This is usually the law of the country where the terminal is located.
71. **Notices:** Elected domiciles for formal notices to be served under the concession.