



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES AUTOMATIZADA EN EL PUERTO DE CARTAGENA (MURCIA)

Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universitat Politècnica de València

Trabajo Final de Máster
Curso: 2019/2020

Presentado por
Ma^aÁngeles Payá Jover

Fecha: Junio de 2020

Tutor: María Esther Gómez Martín



"Todo parece imposible hasta que se hace"

Nelson Mandela

Este proyecto pone punto y final a un largo y duro camino, en el que han habido muchísimos agobios, y a la vez muchísimas risas. Durante este tiempo he conocido a gente increíble, que ahora son amigos.

Gracias a mis padres por su apoyo incondicional porque sin ellos no hubiese llegado hasta el final. Gracias a mi familia, en especial, mi tía y mi tío. Sois mi alegría.

Gracias a mi pareja, por no dejar de animarme y confiar tanto en mí, aguantando cada uno de mis bajones durante estos dos años.

Y por último, a mi tutora Esther, que durante estos años ha sido la tutora de mis tres proyectos, agradecerle la paciencia y su ayuda en el desarrollo de todos.

Muchas gracias a todos.

Resumen

La globalización puede ser descrita como, la cada vez mayor, integración económica de todos los países del mundo como consecuencia de la liberalización y el consiguiente aumento en el volumen y la variedad de comercio internacional de bienes y servicios. Pero también, gracias a la reducción de los costos de transporte, la creciente intensidad de la penetración internacional de capital, el inmenso crecimiento de la fuerza de trabajo mundial y la acelerada difusión mundial de la tecnología, en particular las comunicaciones. Según la Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa.

Como nombra la definición, la globalización está íntimamente relacionada con el desarrollo del comercio internacional, y por tanto, con la distribución mundial de la producción de bienes y servicios. De forma que, el comercio internacional es posible gracias transporte de mercancías, en especial al transporte marítimo. Las grandes terminales de contenedores, cuentan con operaciones que implican el uso de equipos pesados, y que pueden suponer un riesgo para el personal. Sin embargo, el continuo desarrollo de las nuevas tecnologías permite subsanar dicho problema, además de mejorar los rendimientos operacionales y respetar el medio ambiente. Todo ello se ve reflejado en los procesos de automatización de las terminales de contenedores.

El objetivo de este TFM es diseñar una terminal portuaria de contenedores automatizada en la Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena (Murcia), con el fin de captar un mayor tráfico de contenedores tanto de transbordo como de *import/export*, obteniendo rendimientos más eficientes que los actuales y utilizando menos recursos de mano de obra operativa. La construcción de la nueva terminal se justifica puesto que durante varios años consecutivos la terminal ha llegado a su punto de saturación.

El Puerto de Cartagena, puerto de referencia del sureste español, posee una posición geoestratégica clave en las rutas de comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo, entre Europa y África, y en las rutas continentales entre América, Europa y Asia, lo que lo convierte en una de las entradas naturales a Europa. El Puerto de Cartagena se divide en dos dársenas: Dársena de Cartagena y Dársena de Escombreras. En la dársena de Cartagena actualmente se realizan los tráficós de mercancía general, contenedores y los cruceros turísticos. En la dársena de Escombreras se ubican los tráficós de graneles líquidos y sólidos. Así pues, en este TFM se estudia la viabilidad técnica de una nueva terminal portuaria de contenedores en la dársena de Escombreras que pueda atender a los buques portacontenedores más grandes del mundo.

El presente proyecto, se ha centrado en realizar el diseño técnico de una nueva terminal en el que se han incluido 9 grúas STS, 23 pares de grúas ACS y 40 AGVs totalmente automatizadas y la puerta terrestre contará con las últimas tecnologías para facilitar el proceso de despacho de mercancía.

Palabras clave: Terminal, Cartagena, puerto, contenedor, grúa, automatizada, transporte, almacenamiento, AGV, ASC, STS, muelle.

Resum

La globalització pot ser descrita com la, cada vegada major, integració econòmica de tots els països del món causada per la liberalització i el consegüent augment en el volum i la varietat de comerç internacional de béns i serveis. Però també gràcies a la reducció dels costos de transport, la exponencial penetració internacional de capital, l'immens creixement de la força de treball mundial i l'accelerada difusió mundial de la tecnologia, en particular les comunicacions. Segons l'Assemblea Parlamentària del Consell d'Europa

Com esmenta la definició, la globalització està connectada amb el desenvolupament del comerç internacional, i per tant, amb la distribució mundial de la producció de béns i serveis. Així doncs, el comerç internacional és possible gràcies al transport de mercaderies, es especial al transport marítim. Les grans terminals de contenidors compten amb operacions que impliquen l'ús d'equips pesats, i que poden suposar un risc per al personal. No obstant, el continu desenvolupament de les noves tecnologies permet esmenar aquest problema, a més de millorar els rendiments operacionals i respectar el medi ambient. Tot això es veu reflectit en els processos d'automatització de les terminals de contenidors.

L'objectiu d'aquest TFM és dissenyar una terminal portuària de contenidors automatitzada en la Dàrsena d'Escombreras del Port de Cartagena (Múrcia), amb la finalitat de captar un major trànsit de contenidors tant de transbord com d'importació-exportació, obtenint rendiments més eficients que els actuals i reduint els recursos de mà d'obra operativa. La construcció de la nova terminal se justifica ja que durant diversos anys consecutius la terminal ha arribat al seu punt de saturació.

El Port de Cartagena, port de referència del sud-est espanyol, posseeix una posició geoestratègica clau en les rutes de comunicació entre l'Atlàntic i el Mediterrani, entre Europa i Àfrica, i en les rutes continentals entre Amèrica, Europa i Àsia, la qual cosa la converteix en una de les entrades naturals a Europa. El Port de Cartagena es divideix en dues dàrsenes: Dàrsena de Cartagena i Dàrsena de Escombreras. D'una banda, en la dàrsena de Cartagena actualment es realitzen els trànsits de mercaderia general, contenidors i els creuers turístics. I d'altra banda, la dàrsena de Runars se situen els trànsits de granel líquids i sòlids. Al capdavant, en aquest TFM s'estudia la viabilitat tècnica d'una nova terminal portuària de contenidors en la dàrsena de Runars que capaç d'atendre als vaixells portacontenidors més grans del món.

El present projecte s'ha focalitzat en realitzar el disseny tècnic d'una nova terminal on s'han inclòs 9 grues STS, 23 parells de grues ACS i 40 AGVs totalment automatitzades, a més a més de comptar en la porta terrestre amb les últimes tecnologies per a facilitar el procés de despatx de mercaderia.

Paraules clau: Terminal, Cartagena, port, contenidor, grua, automatitzada, transport, emmagatzematge, AGV, ASC, STS, moll.

Abstract

“Globalization can be described as the greatest economic integration of all countries worldwide as consequence of the market liberalization which results in an increasement of volume and variance of international trading of good and services, the growing intensity of the international capital penetration, the huge augmentation of the world labor force and the accelerated diffusion of the technology around the world, specifically communications”. Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa.

As its own definition indicates, globalization is directly connected with the development of international trading operations, hence with the distribution of goods and services worldwide. International trades are possible thanks to maritime transport. Big terminals and containers need operations that require heavy machinery and might imply a risk for the personnel that works with it. The continuous development of new technologies not only allow to avoid that issue but also improve the performance of operations while respecting the environment. So everything is reflecting in the automation processes of the container terminals.

The goal of this Final Master Project is to design a container port terminal fully automated in the location of Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena (Murcia), with the final objective of capturing more traffic of containers both in transfers and import/export, obtaining more efficient performances than the actual ones using less workforce resources.

The Port of Cartagena, which is the referent port of the Spanish south-east, owns a key geostrategic position in the communications routes between the Atlantic ocean and the Mediterranean sea, between Europe and Africa and is also in the continental routes between America, Europe and Asia, which turns it in one of the natural gates of Europe. The Port of Cartagena is divided in two docks: Dock of Cartagena and Dock of Escombreras. Traffic of general commodities, containers and touristic cruisers are made in the former whereas the later handles the traffic of solids and liquids. This Final Master Project studies the technical viability of a new containers port terminal in the Dock of Escombreras so it can attend the biggest container ships of the world.

This project has focused on the technical design of a new terminal in which 9 cranes, 23 pair of cranes ACS and 40 AGVs fully automated have been included. Furthermore, the land gate is equipped with the latest technology to enhance the dispatch process of commodities.

Key words: Terminal, Cartagena, port, container, crane, automated, transport, storage, AGV, ASC, STS, dock

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I – MEMORIA DE PROYECTO

I.	INTRODUCCIÓN	20
I.1.	Comercio internacional: transporte marítimo	20
I.2.	Principales rutas marítimas	21
I.3.	Evolución del contenedor para el transporte marítimo.....	24
II.	OBJETIVO	29
III.	ANTECEDENTES	31
III.1.	El problema de la estiba en España	31
III.2.	Contexto de las terminales automatizadas.....	34
III.3.	Tipos de terminales: automatizadas y semi-automatizadas.....	37
III.4.	Diferencias en el Proceso de diseño de una TCA frente a una TCC	37
III.5.	Principales terminales automatizadas	38
IV.	SITUACIÓN ACTUAL	44
IV.1.	Historia del Puerto de Cartagena.....	44
IV.2.	El Puerto y sus dársenas.....	45
IV.3.	Evolución del tráfico portuario en el Puerto de Cartagena	52
IV.4.	Propuesta de una nueva TPC en la Dársena de Escombreras.....	54
V.	TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES CONVENCIONAL.....	58
V.1.	Subsistemas en TPCs	58
V.2.	Sistemas de manipulación en TPCs.....	59
VI.	PROYECTO OPERATIVO DE UNA TPCA.....	74
VI.1.	Simulación de una TPCA.....	74
VI.2.	Proceso de definición de la TPCA.....	76
VI.3.	Condicionantes de una TPCA	79
VI.4.	Comparativa de TPCA según la distribución del patio de contenedores.....	80
VI.5.	Equipos presentes en una TPCA.....	83
VII.	DISEÑO TÉCNICO DE LA TERMINAL	98
VII.1.	Equipamiento empleado.....	98
VII.2.	Diseño de los subsistemas de la terminal	106
VII.3.	Accesos terrestres	118
VII.4.	Instalaciones auxiliares	123
VII.5.	Redes y servicios	123
VIII.	CONCLUSIONES	126

IX.	REFERENCIAS	129
-----	-------------------	-----

DOCUMENTO II – PLANOS

- 01- Localización del proyecto
- 02- Planta actual de la dársena de Escombreras y batimetría
- 03- Diseño en planta de la terminal
- 04- Delimitación de usos de la terminal
- 05- Área de operación
- 06- Área de almacenamiento e interconexión
- 07- Acceso terrestre: carretera
- 08- Acceso terrestre: ferrocarril
- 09- Red eléctrica
- 10- Red de posicionamiento
- 11- Red contra incendios
- 12- Red de abastecimiento
- 13- Red de drenaje

Documento I

Memoria del Proyecto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	20
I.1.	Comercio internacional: transporte marítimo	20
I.2.	Principales rutas marítimas	21
I.3.	Evolución del contenedor para el transporte marítimo.....	24
II.	OBJETIVO	29
III.	ANTECEDENTES	31
III.1.	El problema de la estiba en España	31
III.2.	Contexto de las terminales automatizadas.....	34
III.3.	Tipos de terminales: automatizadas y semi-automatizadas.....	37
III.4.	Diferencias en el Proceso de diseño de una TCA frente a una TCC	37
III.5.	Principales terminales automatizadas	38
IV.	SITUACIÓN ACTUAL	44
IV.1.	Historia del Puerto de Cartagena	44
IV.2.	El Puerto y sus dársenas.....	45
IV.2.a	Dársena de Cartagena.....	45
IV.2.b	Dársena de Escombreras	49
IV.3.	Evolución del tráfico portuario en el Puerto de Cartagena	52
IV.4.	Propuesta de una nueva TPC en la Dársena de Escombreras.....	54
V.	TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES CONVENCIONAL.....	58
V.1.	Subsistemas en TPCs	58
V.2.	Sistemas de manipulación en TPCs	59
V.2.a	Subsistema de carga y descarga	59
V.2.b	Subsistema de almacenamiento.....	64
V.2.c	Subsistema de recepción y entrega.....	70
V.2.d	Subsistema de interconexión	71
VI.	PROYECTO OPERATIVO DE UNA TPCA.....	74
VI.1.	Simulación de una TPCA.....	74
VI.2.	Proceso de definición de la TPCA.....	76
VI.3.	Condicionantes de una TPCA	79
VI.4.	Comparativa de TPCA según la distribución del patio de contenedores.....	80
VI.4.a	Disposición de patio horizontal o paralela del muelle	80
VI.4.b	Disposición vertical o perpendicular del muelle.....	81
VI.4.c	Ventajas e inconvenientes de las disposiciones paralela y perpendicular	82

VI.5.	Equipos presentes en una TPCA.....	83
VI.5.a	Equipos de muelle	83
VI.5.b	Sistemas de transporte horizontal.....	86
VI.5.c	Avances tecnológicos del spreader	89
VI.5.d	Equipos de almacenamiento	90
VI.5.e	Equipos de recepción y entrega	93
VI.5.f	Sistemas de gestión de información.....	95
VII.	DISEÑO TÉCNICO DE LA TERMINAL	98
VII.1.	Equipamiento empleado.....	98
VII.1.a	Equipos de muelle	98
VII.1.b	Equipos de transporte horizontal.....	99
VII.1.c	Equipos de almacenamiento	101
VII.1.d	Equipos de recepción y entrega	101
VII.1.e	Equipos de gestión de información	105
VII.2.	Diseño de los subsistemas de la terminal	106
VII.2.a	Área de operación	106
VII.2.b	Diseño en planta.....	108
VII.2.c	Subsistema de interconexión	116
VII.2.d	Subsistema de recepción y entrega	116
VII.3.	Accesos terrestres.....	118
VII.3.a	Por carretera	118
VII.3.b	Por ferrocarril	120
VII.4.	Instalaciones auxiliares	123
VII.4.a	Oficinas.....	123
VII.4.b	Área de Inspección Aduanera (AIA).....	123
VII.4.c	Taller y aparcamiento de maquinaria	123
VII.5.	Redes y servicios	123
VII.5.a	Red eléctrica	123
VII.5.b	Red de posicionamiento.....	124
VII.5.c	Red contra incendios.....	124
VII.5.d	Red de abastecimiento de agua	124
VII.5.e	Red de drenaje	124
VIII.	CONCLUSIONES	126
IX.	REFERENCIAS.....	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Buque portacontenedores más grande del mundo: OCCL Hong Kong. Fuente: excelenciasdelmotor	20
Ilustración 2. Rutas marítimas principales. Fuente: AM CARG	22
Ilustración 3. Evolución del deshielo desde 1980 y propuesta de ruta Nordeste (verde) y de ruta Noroeste (azul). Fuente: BYRON MAHER	23
Ilustración 4. Embarcación de los primeros contenedores en el vapor "Ideal X". Fuente: medium.com	24
Ilustración 5. Dimensiones dry container. Fuente: cargoflores	25
Ilustración 6. Dimensiones reefer container. Fuente: cargoflores.....	25
Ilustración 7. Dimensiones open top container. Fuente: cargoflores	26
Ilustración 8. Dimensiones flat rack container. Fuente: cargoflores.....	26
Ilustración 9. Dimensiones open side container. Fuente: cargoflores	26
Ilustración 10. Dimensiones ISO tank container. Fuente: cargoflores	26
Ilustración 11. Automated Stacking Cranes (ASCs). Fuente: porttechnology	35
Ilustración 12. Automated Guided Vehicles (AGVs). Fuente: konecranes	36
Ilustración 13. ALV de la casa Kalmar (ASHC) transportando un contenedor de 40'. Fuente: Roy and de Koster: Modeling and Design of Container Terminal.....	36
Ilustración 14. ECT Delta Terminal Rotterdam. Fuente: oevz.com	38
Ilustración 15. Euromax Terminal Rotterdam. Fuente: oevz.com	39
Ilustración 16. LBCT. Fuente: www. lbbusinessjournal.com	40
Ilustración 17. HHLA Container terminal Altenwerder. Fuente: www.researchgate.net	41
Ilustración 18. Sistema de trabajo de la HHLA Container terminal Altenwerder. Fuente: HHLA	42
Ilustración 19. Plano de Cartagena Fuente: apc.es	44
Ilustración 20. Vista aérea Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es	45
Ilustración 21. Plano de la Dársena de Cartagena del Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es	48
Ilustración 22. Plano de la Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es.....	51
Ilustración 23. Gráfico evolución de tráfico de contenedores en el Puerto de Cartagena. Fuente: propia	52
Ilustración 24. Mapa de España con el hinterland del Puerto de Cartagena. Fuente: propia	54
Ilustración 25. Comparación disposición actual y disposición tras la actuación en la dársena de Escombreras. Fuente: Arzo Martí, Roberto (2018)	56
Ilustración 26. Ejemplo de subsistemas de una TPC. Fuente: Monfort et al. (2011a)	59

Ilustración 27. Spreader para grúa STS. Fuente: RAM spreaders.....	60
Ilustración 28. Spreader para grúa STS para manipular varios contenedores a la vez. Fuente: RAM spreaders	60
Ilustración 29. Grúa STS del Puerto de Valencia. Fuente: noticiaslogisticaytransporte.com	61
Ilustración 30. Grúa móvil portuaria. Fuente: grúas y transportes	62
Ilustración 31. Grúa de largo alcance (WSG). Fuente: Gottwald Port technology	63
Ilustración 32. Grúa de buque. Fuente: lavozdeg Galicia.es.....	64
Ilustración 33. Plataformas con camiones. Fuente: APM Terminals Valencia	65
Ilustración 34. Carretilla elevadora para terminales portuarias. Fuente: Nauticexpo.es	65
Ilustración 35. Reach Stackers. Fuente: nauticexpo.es	66
Ilustración 36. Straddle carrier eléctrica Fuente: KALMAR	67
Ilustración 37. RTG Fuente: gospodarkamorska.....	68
Ilustración 38. RMG, APM Terminals en Virginia. Fuente: joc.com.....	69
Ilustración 39. OHBC en el puerto de Pasir Panjang (Singapur). Fuente: megaconstrucciones.....	70
Ilustración 40. Cabezas tractoras + plataforma trabajando en el puerto de Pasir Panjang (Singapur). Fuente: megaconstrucciones.....	71
Ilustración 41. Equipos de interconexión entre los distintos subsistemas en función del equipo de patio. Fuente: Monfort et al (2001a).....	72
Ilustración 42. Relaciones del TOS en una TCC. Fuente: Tesis Doctoral Gabriel Fernández Rubio (2012)	78
Ilustración 43. Relaciones del TOS en una TCA. Fuente: Tesis Doctoral Gabriel Fernández Rubio (2012)	79
Ilustración 44. Disposición paralela u horizontal del patio. Fuente: Korea Maritime Institute (2000).....	81
Ilustración 45. Disposición vertical o perpendicular del patio. Fuente: Korea Maritime Institute (2000).....	82
Ilustración 46. Vista desde el lado mar. Sistema de amarre automático en el Puerto de Narvik (Noruega). Fuente: Cavotec.....	83
Ilustración 47. Vista desde el lado tierra. Sistema de amarre automático en el Puerto Salalah, muelle 1 (Omán). Fuente: Cavotec.....	84
Ilustración 48. Grúas pórtico (STS) para contenedores Post-Panamax. Fuente: naticexpo.....	84
Ilustración 49. Características de las grúas sobre carriles. Fuente: ROM 0.2-11	85
Ilustración 50. AGV y AGV-lift Fuente: nauticexpo.....	87
Ilustración 51. C-AGV de TTS-marine. Fuente: TTS-marine	88
Ilustración 52. Spreader con twin-lift. Fuente: BROMMA.....	89
Ilustración 53. Spreader en tándem. Fuente: BROMMA.....	90

Ilustración 54. Partes de un ASC. Fuente: Influencia de los sistemas de automatización aplicados en la gestión de las nuevas terminales de contenedores.....	91
Ilustración 55. ASC twin en la TTI del Puerto de Algeciras. Fuente: GoogleMaps	91
Ilustración 56. ASC crossover en la HHLA Container Terminal Altenwerder (CTA) del Puerto de Hamburgo. Fuente: GoogleMaps	92
Ilustración 57. C-RMG. Fuente: Henan Kuangshan Crane Co	93
Ilustración 58. Sistema OCR. Fuente: Idonic	94
Ilustración 59. Etiqueta RFID. Fuente: casacocheurro.....	95
Ilustración 60. Características grúa tipo Megamax. Fuente: Liebherr Container Cranes.....	99
Ilustración 61. Operativa de un AGV Lift. Fuente: Manual de Capacidad Portuaria.....	100
Ilustración 62. Características técnicas de L-AGV. Fuente: Konecranes	100
Ilustración 63. Características generales de las grúas ASC gemelas no pasantes. Fuente: Künz	101
Ilustración 64. Gate Suite. Fuente: orbitaports.....	102
Ilustración 65. Gate CCR. Fuente: orbitaports.....	102
Ilustración 66. Gate OS. Fuente: orbitaports.....	103
Ilustración 67. Gate Kiosk. Fuente: orbitaports.....	103
Ilustración 68. Gate ECI. Fuente: orbitaports	104
Ilustración 69. Gate Traffic. Fuente: orbitaports.....	104
Ilustración 70. Gate DMG. Fuente: orbitaports.....	105
Ilustración 71. Diferenciación de áreas terrestres en una instalación de atraque tipo muelle, con uso comercial y utilizando sistemas de carga y descarga de mercancías mediante equipos de rodadura restringida sobre carriles. Definición de anchura. Fuente: ROM 2.0-11	107
Ilustración 72. Resguardos en planta recomendados en línea de atraque. Fuente: ROM 2.0-11	109
Ilustración 73. Correspondencia de las tasas de ocupación y la espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/N. Fuente: (Monfort 2011).....	111
Ilustración 74. Capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores. Fuente: Fundación Valenciaport	113
Ilustración 75. Valores estimados del factor operacional en función del equipo de patio empleado por Wieschmann y Rijsenbrij (2004). Fuente: Manual de capacidad portuaria	115
Ilustración 76. Plano de accesos al Puerto de Cartagena. Fuente: Memoria anual APC 2018	118
Ilustración 77. Nuevas conexiones ferroviarias. Fuente: APC	120
Ilustración 78. Red Transeuropea de Transporte TEN-T. Fuente: Comisión Europea.....	121
Ilustración 79. Ubicación zona de ferrocarril. Fuente: elaboración propia.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puertos deportivos y turísticos en el puerto de Cartagena	45
Tabla 2. Terminal de cruceros C002 en el puerto de Cartagena	46
Tabla 3. Instalaciones pesqueras en el puerto de Cartagena.....	46
Tabla 4. Astilleros en el puerto de Cartagena	46
Tabla 5. Terminal de contenedores en el puerto de Cartagena.....	47
Tabla 6. Instalaciones Ro-Ro para tráfico rodado en el puerto de Cartagena	47
Tabla 7. Terminal de Mercancía General en el puerto de Cartagena	47
Tabla 8. Terminal Hortofrutícola y de Ganado en el puerto de Cartagena.....	48
Tabla 9. Terminales de graneles sólidos en el puerto de Cartagena.....	49
Tabla 10. Terminales de graneles líquidos en el puerto de Cartagena	50
Tabla 11. Otros atraques en el puerto de Cartagena	51
Tabla 12. Evolución de tráfico de mercancía total Red de puertos españoles y puerto de Cartagena. Fuente: elaboración propia	52
Tabla 13. Evolución de la cuota de mercado del puerto de Cartagena en el tráfico import/export y doméstico español	53
Tabla 14. Ventajas y desventajas de las grúas STS	61
Tabla 15. Ventajas y desventajas de las grúas móviles	62
Tabla 16. Ventajas y desventajas de las grúas WSG.....	63
Tabla 17. Ventajas y desventajas de las grúas de buque	63
Tabla 18. Ventajas y desventajas de las Stradle Carrier	67
Tabla 19. Ventajas y desventajas de las RTG.....	68
Tabla 20. Ventajas y desventajas de las RTG.....	69
Tabla 21. Ventajas y desventajas de las OHBC.....	70
Tabla 22. Ventajas y desventajas del sistema plataforma + cabeza tractora.....	72
Tabla 23. Esquema de trabajo	75
Tabla 24. Esquemas de Beneficio	75
Tabla 25. Combinación de izado con spreader twin-lift y tándem. Fuente: elaboración propia.....	99
Tabla 26. Número de atraques en función de las esloras	110
Tabla 27. Número de atraques en función de las esloras. Fuente: elaboración propia	111

Tabla 28. Factores de conversión contenedores – TEU de los últimos ejercicios que existe información. Fuente: elaboración propia.	112
Tabla 29. Capacidad de línea de atraque para los distintos tipos de buque. Fuente: Elaboración propia	112
Tabla 30. Tiempo de estancia media de contenedores en el Puerto de Cartagena. Fuente: Elaboración propia	114
Tabla 31. Distribución de la terminal. Fuente: Elaboración propia.....	115
Tabla 32. Cálculo de la capacidad de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia	116
Tabla 33. Distribución de la superficie de la terminal ferroviaria. Fuente: Elaboración propia.....	122

Abreviaciones y Nomenclaturas

En la siguiente lista se incluyen las abreviaciones que se nombran repetidas veces a lo largo del proyecto, así como los conceptos expresados conforme con la nomenclatura del sector. Además, de nombre de instituciones o empresas con el fin de facilitar la consulta.

- ACT** – Automated Container Terminal – Terminal de contenedores automatizada
- AGV** – *Automated Guide Vehicle* - Vehículo de guiado automático
- ALV** – *Automated Lift Vehicle* – Vehículo de transferencia automático
- ANESCO** - Acuerdo Marco entre la Asociación Nacional de Empresas Estibadoras y Consignatarias de Buques
- AP** – Autoridad Portuaria
- APC** – Autoridad Portuaria de Cartagena
- ARMG** – *Automated Rail Mounted Gantry crane* – Grúa pórtico sobre raíles automatizada
- ARTG** – *Automated Rubber Tyred Gantry crane* – Grúa pórtico sobre neumáticos automatizada
- ASC** – *Automated Stacking Crane* – Grúa apiladora automatizada
- A-ShC** – *Automated-Shuttle Carrier*
- A-Strad** – *Automated Straddle Carrier* – Carretilla pórtico automatizada
- BEST** – Barcelona Europe South Terminal
- CAGR** - *Compound annual growth rate* – Tasa de crecimiento anual compuesto
- C-AGV** – *Cassette Automated Guided Vehicle*
- CCD** – *Charge Couple Device*
- CE** – Comisión Europea
- CETM** – Coordinadora Estatal de Trabajadores de Mar
- DMG** – Damage Inspection 3D
- DRMG** – *Double Rail Mounted Gantry-crane* – Doble Grúa pórtico sobre raíles
- ECI** – *Empty Container Inspection 3D*
- ECT** – *Europe Container Terminal*
- EDI** – *Electronic Data Interchange*
- ELC** – *Electronic Load Control*
- ETT** – Empresas de Trabajo Temporal
- FCL** – *Full Container Loaded*
- FEU** – *Forty Equivalent Unit* – Unidad Equivalente a Cuarenta Pies
- IMDG** – *International Maritime Dangerous Goods*
- ISO** – *International Standardization Organization* – Organización Internacional de Normalización
- L-AGV** – *Lift Automated Guided Vehicles*
- LBCT** – *Long Beach Container Terminal*

-
- LCL** – *Less-than Container Load*
- LT** – *Lift-Trucks* – Carretillas elevadoras
- MSC** – Mediterranean Shipping Company
- MTS** – *Multi-Train System* – Tren de Plataformas
- OCR** – *Optical Character Recognition*
- OHBC** – *Over Head Bridge Crane* – grúas portico instaladas sobre vigas
- RFID** – *Radio Frequency Identification*
- RMG** – *Rail Mounted Gantry-Crane* – Grúa pórtico sobre raíles
- ROM** – Recomendaciones para Obras Marítimas
- RS** – *Reachstackers* – Carretillas de brazo telescópico
- RTG** – *Rubber Tyred Gantry-Crane* – Grúa pórtico sobre neumáticos
- OS** – *Operating System*
- OSPP** – Grúa Over Super Post Panamax
- OTP** – Organización de Trabajadores Portuarios
- P** – Grúa Panamax
- PP** – Grúa Post Panamax
- SAGEP** - Sociedades Anónimas de Gestión de Trabajadores Portuarios
- ShC** – *Shuttle-Carrier*
- SC** – *Straddle Carrier* – Carretilla pórtico
- SPP** – Grúa Super Post Panamax
- SPS** – *Ship Profiling System* – dispositivo que permite dibujar el perfil de los contenedores
- SPT** – Servicios de Trabajos Portuarios
- SSP** – Servicios Sindicales del Puerto
- STS** – *Ship-To-Shore* – Grúa pórtico buque-tierra
- TCA** – Terminal de Contenedores Automática
- TCC** – Terminal de Contenedores Convencional
- TEU** – *Twenty-Foot Equivalent Unit* – Unidad Equivalente a Veinte Pies
- TFEU** - Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea
- TIC** – Tecnologías de la Información y la Comunicación
- TTI** – Total Terminal International Algeciras
- TOS** – *Terminal Operating System* – Sistema Operativo de Terminal
- TPC** – Terminal Portuaria de Contenedores
- UNCTAD** – *United Nations Conference on Trade and Development* – Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo

01

Introducción

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Comercio internacional: transporte marítimo

El comercio internacional implica la compra, venta o intercambio de bienes y servicios entre países. Dichos intercambios entre distintos los países que se realiza en diferentes divisas y formas de pago, ha ido aumentando gracias a la liberación comercial y a la eliminación de barreras arancelarias y no arancelarias. En este comercio internacional, participan las economías abiertas, que son aquellas regiones o naciones cuyo comercio está abierto, es decir, que compran bienes y servicios del exterior (importación) y venden bienes y servicios fuera de sus fronteras (exportación).

Desde el comienzo de la actividad económica, el ser humano se ha interesado por los intercambios. Hace más de 10.000 años, en los pueblos las personas intercambiaban los bienes que producían y los que necesitaban, y a medida que ha ido evolucionando la especie, el comercio se fue extendiendo hasta el punto que se convirtió en internacional.

Dicho comercio surge por la incapacidad de producir todo lo que una economía necesita para desarrollarse. No todos los países tienen todos los bienes, o, aunque los produzcan, no todos son de la mejor calidad. El desarrollo de este implica un mayor número de beneficios para la economía y su crecimiento.

Para que exista un comercio entre países, es necesaria la presencia de medios de transporte para transportar la mercancía de un lugar a otro. El cual, el transporte marítimo es un pilar fundamental en el comercio internacional, ya que es utilizado aproximadamente un 85%. Trasladar la mercancía vía marítima, ofrece mayores ventajas que vía terrestre o aérea. Una de las mayores ventajas es que posee la capacidad de transportar amplios volúmenes, además de otras como son: la seguridad, que en la actualidad las pérdidas están en el nivel más bajo desde hace una década; economía, ya que para trasladar mercancía a larga distancia es más económico por la amplia oferta en el frente marítimo; y mayor peso, por vía marítima esto no supone un problema. Sin embargo, el transporte por vía marítima tiene una serie de limitaciones como son: la tramitología, ya que es relativamente extensa, aunque los servicios de aduanas facilitan dicho trabajo; y otro factor a tener en cuenta es el tiempo, se debe prever fechas de entrega ya que se requiere largos periodos.



Ilustración 1. Buque portacontenedores más grande del mundo: OOCL Hong Kong. Fuente: excelenciasdelmotor

El transporte marítimo, es en el ámbito mundial, el modo más utilizado para el comercio internacional. Es el que soporta mayor movimiento de mercancías, tanto en contenedor como a granel ya sea líquido o seco.

Además, es uno de los soportes de la economía global. Por todo ello, en los últimos años, el número y tamaño de los buques ha aumentado en corta, media o larga distancia, suponiendo la amplia participación de aspectos normativos y técnicos respecto a la seguridad de la industria naviera.

El comercio marítimo en contenedor ha experimentado en las últimas dos décadas un crecimiento abrumador consiguiendo ser uno de los pilares de la globalización de impacto a nivel local y regional. Las estrategias de los navieros y operadores de terminales de contenedores han transformado los puertos, mejorando infraestructuras de accesibilidad marítimas y terrestre, además de plataformas intermodales, como son, terminales marítimas, puertos interiores, depósito de contenedores, etc.

Según Informe sobre transporte marítimo de 2018, realizado por UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), el comercio marítimo ha estado prosperando, favorecido por la reactivación de la economía mundial en 2017. Con una tasa de crecimiento del 4%, la más alta en cinco años, el comercio marítimo mundial ha cobrado impulso y ha mejorado la confianza del sector de transporte marítimo. La actividad portuaria mundial y las operaciones de manipulación de la carga aumentaron en 2017. Se calcula que los 20 principales puertos del mundo manipularon 9.300 millones de toneladas en 2017, frente a 8.900 millones de toneladas en 2016, lo que equivale al volumen del comercio marítimo mundial.

Concluyendo que, tanto en los flujos de exportación como en los de importación se materializan flujos de contenedores y mercancías que se trasiegan entre los distintos nodos logístico que intervienen en las cadenas de suministro. Por todo ello, las terminales de contenedores son fundamentales en la cadena del intercambio modal marítimo terrestre, ya que tienen el papel de articulador básico, además de ejercer como nodos logísticos en la estrategia naviera del tránsito marítimo.

I.2.Principales rutas marítimas

Recordando el punto anterior, el transporte marítimo es el principal modo de realización del comercio internacional dado que permite trasladar grandes cantidades de mercancías a un coste muy económico. Dicho transporte aglutina más del 80% del comercio internacional de mercancías. Es por ello, que es un elemento importante para el correcto funcionamiento de la economía global.

Al ser el transporte marítimo el principal modo para intercambiar grandes volúmenes de mercancías a nivel interregional. Las rutas que han impulsado principalmente las mercancías manufacturadas son las que conectan: Asia, América y Europa. De forma que el volumen de sus exportaciones se ha multiplicado por 10 mientras que el de materias primas ni se triplicado (OMC, 2012).

Los productos manufacturados son transportados mayoritariamente en contenedores, convirtiéndose en la actualidad en la unidad intermodal de referencia. Los productos manufacturados son catalogados por las estadísticas de las principales organizaciones oficiales nacionales e internacionales, como la UNCTAD o Puertos del Estado, dentro del capítulo mercancía general, que a su vez puede estar o no contenerizada.

El transporte marítimo interregional de mercancías se vertebra en torno al eje este-oeste o ecuatorial round the world. Europa y América se vinculan a través del corredor transatlántico, América y Asia mediante el corredor transpacífico y, por último, Asia y Europa se unen por la ruta que discurre entre el océano Índico y el mar Mediterráneo. Estos tres corredores marítimos se encuentran con tres puntos en los que se producen cuellos de botella que limitan el tráfico fluido de los buques y de la mercancía que transportan.



Ilustración 2. Rutas marítimas principales. Fuente: AM CARG

- El canal de Suez. Se encuentra en territorio egipcio y Conectando el océano Índico desde el Mar Rojo y evitando de esta forma dar toda la vuelta a África. Su longitud es de 163 km, su anchura oscila entre 80 y 135 m, su calado entre 14,4 y 16,4 y puede pasar buques con una altura máxima de 68 por encima del agua, restringiendo los buques de mayor tamaño. La ruta alternativa es circunnavegar África hasta el Cabo de Buena Esperanza que tiene los inconvenientes de la distancia y la existencia de piratas a lo largo de la travesía. Este canal supone un 15% del comercio marítimo global y por esa ruta navegan 20.000 naves al año.
- El canal de Panamá. Es el canal más restrictivo en la actualidad, y permite a través de tres juegos de esclusas, la unión del océano Atlántico con el Pacífico. Por dicho canal tan solo circula el 5% del total del comercio marítimo, siendo unas 13.000 naves al año.
- El estrecho de Malaca. Se ubica en el sudeste asiático entre la península de Malasia y la isla de Sumatra, es un paso obligado para el tráfico marítimo que vincula los océanos Pacífico e Índico, es decir, une el Mar de China Meridional con el Mar de Burma en su ruta hacia el Golfo de Bengal. Su longitud es de 800 m, su anchura es de 2,8 km en su parte estrecha y su calado es de 25 m aprox. Actualmente, no presenta ninguna limitación para los buques que navegan, es el paso comercial con más tránsito en el mundo, representando el 30% del comercio marítimo global, lo que supone que navegan unas 50.000 naves al año. Este estrecho conecta mercados muy importantes, uno es: China, Corea del Sur y Japón, y otro, países con economías emergentes como Singapur, Malasia, India y Tailandia.

Como consecuencia del cambio climático y por tanto el deshielo de Ártico, que se derrite a pasos agigantados. Existe la posibilidad de una ruta alternativa adicionalmente Asia y Europa por el noreste del Ártico a través del estrecho de Bering, acortando entorno 30% la duración del viaje entre China y Europa.

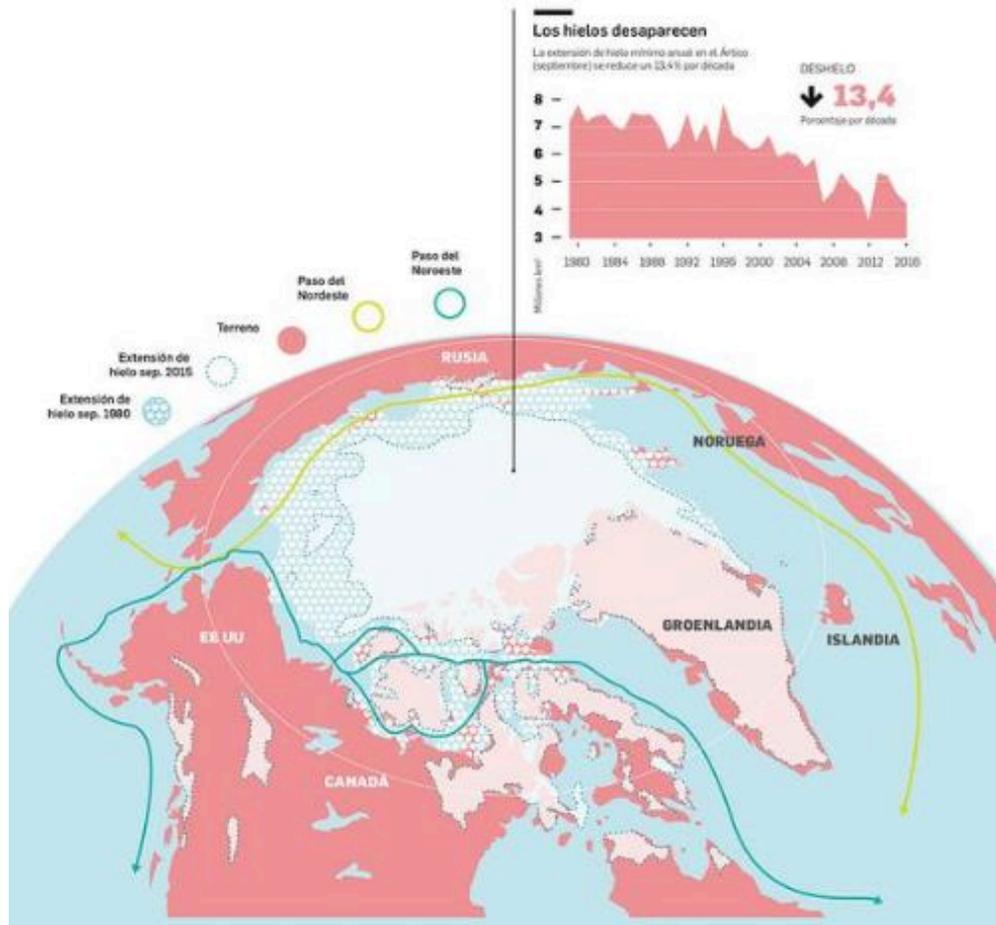


Ilustración 3. Evolución del deshielo desde 1980 y propuesta de ruta Nordeste (verde) y de ruta Noroeste (azul). Fuente: BYRON MAHER

En 2019, por primera vez en toda la historia navegó un buque ruso (Eduard Toll) de la compañía Teekay por la ruta noreste, Corea del Sur – Rusia, durante el invierno y sin necesidad de rompehielos, transportando gas natural licuado y ahorrándose 7.000 km aprox. respecto al canal de Suez. En verano de este mismo año, la Naviera danesa Maersk realizará una prueba por la ruta de norte, con el fin de explorar la viabilidad operativa del envío de contenedores y recopilar datos, según comunicad al *Financial Times*.

Según Bartolomé Sánchez, del Instituto de Historia y Cultura Naval de Ferrol, explica que la ruta actual Róterdam – Shanghái, recorre en la actualidad 20.000 km aprox. Sin embargo, si la ruta del noroeste estuviese abierta, la distancia se reduciría 13.600 km, quedan 6.000 km aprox. a recorrer. Por otro lado, desde el punto de vista económico, Mead Treadwell, presidente de la comisión de investigación ártica, ha calculado que el coste estimado de transportar un contenedor en un barco entre Europa y Alaska serían unos 500 dólares y actualmente, trasladar el mismo contenedor al Puerto de Yokohama (Japón) son 1500 dólares, a través del canal de Suez, ubicándose a menor distancia de Europa.

En definitiva, dichas rutas, proporcionan, menor tiempo y combustible, mayor rapidez para entregar la mercancía e incluso una mayor seguridad.

I.3. Evolución del contenedor para el transporte marítimo

Hace más de medio siglo, Malcom McLean, transportista americano, tras recibir la negativa de una empresa ferroviaria de cargar sus tráileres en los vagones del tren, inventó la caja metálica para transportar mercancía, que acabaría revolucionando el tráfico internacional. La compañía de McLean realizaba transportes que implicaba atravesar diferentes Estados con diferentes legislaciones sobre las medidas de los vehículos. Por ello, inventó lo que se llama "el máximo común divisor" de las medidas autorizadas por los Estados, es decir, el contenedor tenía las medidas máximas que permitía el paso por todos estos.

Una vez, tuvo éxito este modo de transporte, McLean decidió transportar también dichas mercancías por mar. En 1956, fue entonces cuando fundó la naviera *Sea-Land*, hoy conocida como *Maesk*, que transportó 58 contenedores, por primera vez en la historia, desde New Jersey hasta Texas en el vapor "Ideal X".

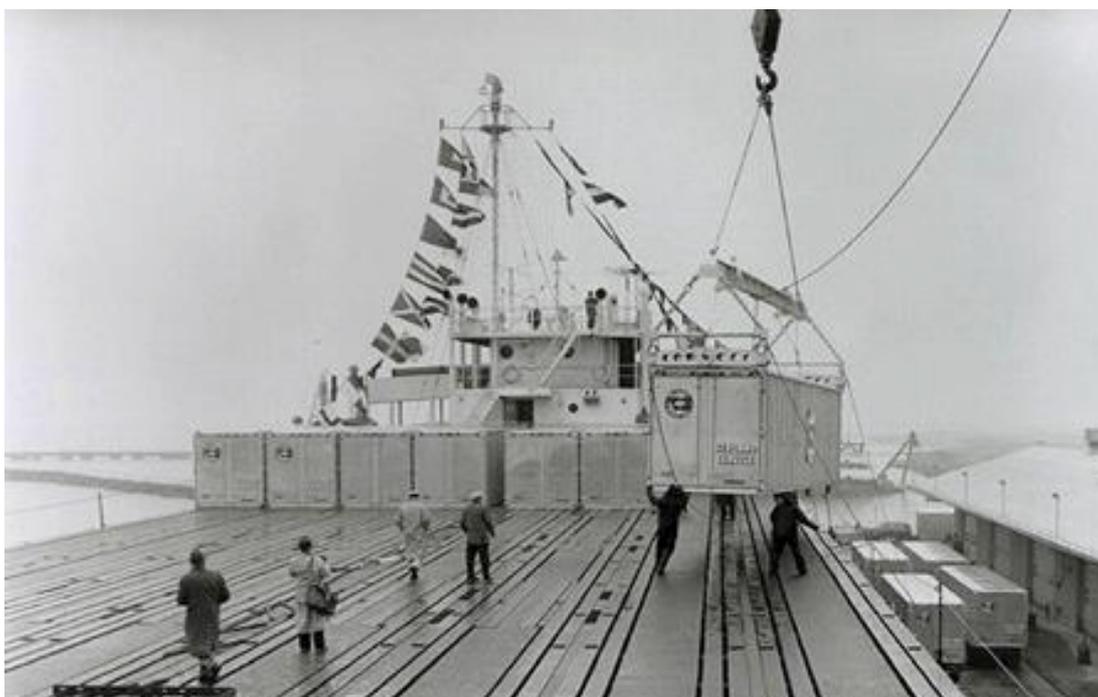


Ilustración 4. Embarcación de los primeros contenedores en el vapor "Ideal X". Fuente: medium.com

Tras el éxito obtenido, en 1965 se generalizó su uso, siendo el parque europeo de 350.000 contenedores aproximadamente. En dicho periodo, surgió la necesidad de armonizar el contenedor a nivel internacional, resultando la *ISO (International Organization for Standardization)* que es, desde ese momento, la organización para la normalización de equipos de transporte combinado además de para todo tipo de normalización industrial.

Actualmente, todos los contenedores que se utilizan en tráfico marítimo e intermodal se rigen bajo las normativa *ISO*, en la que se identifica el tipo y las características de los contenedores. Hoy en día, la clasificación básica es la de contenedores de veinte pies (20') y de cuarenta pies (40'). Es por ello, que existe la unidad *TEU (Twenty Equivalent Unit)* que se define como el espacio que ocupa un contenedor de 20', siendo por tanto 2 TEUS un contenedor de 40'.

Cabe destacar que, dichos elementos son de acero generalmente, aunque también se pueden encontrar de aluminio y de contrachapado con fibra de vidrio y el suelo suele ser de madera o bambú. Los contenedores llevan incorporado un recubrimiento interior anti-humedad, sin embargo, para trayectos por mar se necesita la

utilización de protección especial anticorrosión y antihumedad evitando de esta forma que los compuestos salinos dañen la mercancía.

También se clasifican en función de las características externas y sus dimensiones. Son los siguientes:

- Dry container

Contenedor de uso más frecuente para cargar mercancía seca y paletizada, cajas, barriles, etc. Sin ventilación, refrigeración y cerrados herméticamente por todos sus costados. Está dotado de puertas en el testero y se carga a través de ellas con ayuda de carretillas o transpaletas. Se fabrica en acero.

En este tipo se incluyen: los Dry Van y High Cube.

	Contenedor de Carga General (dry container)						
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		Puertas abiertas	
	Longitud	Anchura	Altura	Vol.	Carga máx.	Anchura	Altura
20'	5.898	2.352	2.393	33,2	28.230	2.340	2.280
40'	12.032	2.352	2.393	67,7	26.630	2.340	2.280
HC	12.032	2.352	2.698	76,3	26.520	2.340	2.585
45'	13.556	2.352	2.695	86	27.910	2.340	2.579

Ilustración 5. Dimensiones dry container. Fuente: cargoflores

- Reefer container

Contenedor térmico capaz de mantener la mercancía a una temperatura de hasta -30°C . Cuenta con un dispositivo frigorífico para mantener la temperatura deseada, al mismo tiempo se puede conectar al buque, vehículo de transporte o terminal para suministrarse energía. Algunos de ellos controlan el grado de humedad en su interior. Son idóneos para transportar mercancías perecederas. Se fabrica en aluminio o aluminio y acero inoxidable.

	Contenedor Frigorífico (reefer container)					
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		
	Longitud	Anchura	Altura	Volumen	Carga máxima	
20'	5.444	2.284	2.267	28,5	21.135/27.160#	
40'	11.583	2.284	2.250	58,7	26.580	
HC	11.583	2.286	2.556	67,9	26.380	
45'	13.102	2.286	2.509	75,4	27.300	

Ilustración 6. Dimensiones reefer container. Fuente: cargoflores

- Open top container

Contenedor que no dispone de techo rígido, lo que permite cargarlo mediante grúas y cubrirlo con una cubierta flexible y móvil. Puede tener puertas en los paneles frontales o laterales, y resulta especialmente útil para grandes cargas, como cristales, mármoles, material de construcción, madera o maquinaria de gran volumen. Se fabrica en acero.

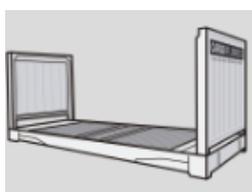


Contenedor sin techo (open top container)						
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		
	Longitud	Anchura	Altura	Volumen	Carga máxima	
20'	5.900	2.330	2.337	32,6	21.740	
40'	12.025	2.330	2.337	65,8	26.410	

Ilustración 7. Dimensiones open top container. Fuente: cargoflores

- Flat rack container

Contenedor formado por una plataforma, sin ninguna otra superestructura. Se utiliza cuando las características de los elementos que hay que transportar no encajan con las de ningún otro tipo de contenedor, y es especialmente adecuado para elementos pesados y de gran volumen. Se fabrica en acero.



Contenedor Plataforma (flat rack container)						
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		
	Longitud	Anchura	Altura	Volumen	Carga máxima	
20'	5.628	2.178	2.159	/	21.740	
40'	11.762	2.178	1.986	/	26.410	

Ilustración 8. Dimensiones flat rack container. Fuente: cargoflores

- Open side container

Contenedor abierto por uno o los dos costados para facilitar la operación cuando la mercancía, debido a su longitud, resulta de difícil manejo a través del testero. Es especialmente apto para la carga y descarga en las estaciones de ferrocarril. Está construido en acero.



Contenedor de Costado Abierto (open side)							
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		Puertas abiertas	
	Longitud	Anchura	Altura	Vol.	Carga máx.	Anchura	Altura
20'	5.896	2.310	2.255	31	22.470	2.236	1.960

Ilustración 9. Dimensiones open side container. Fuente: cargoflores

- ISO tank

Contenedor que se emplea para transportar graneles líquidos y algunas sustancias peligrosas, como líquidos tóxicos, corrosivos y altamente inflamables. Se compone de una cisterna de aluminio o acero inoxidable anclada en un bastidor o estructura de soporte.



Contenedor Tanque (ISO tank)						
	Dimensiones internas			Capacidad y carga útil		
	Longitud	Anchura	Altura	Volumen	Carga máxima	
20'	/	/	/	21	27.410	

Ilustración 10. Dimensiones ISO tank container. Fuente: cargoflores

Por último, destacar que, gracias al avance tecnológico y el nacimiento de nuevas compañías navieras, se ha producido una mayor oferta en el mercado lo que obliga a dichas navieras ser mucho más competitivas. Teniendo, por ejemplo, dos tipos de envío del contenedor:

- Full Container Load (FCL): En el que se carga el contenedor completo de mercancía que pertenece a un único propietario. Se utiliza en multinacionales.
- Less Container (LCL): En el que se carga parcialmente el contenedor que transporta mercancía que pertenece a diferentes propietarios. Se utiliza en venta al por menor.

02

Objetivo

II. OBJETIVO

El objetivo propuesto para este Trabajo Fin de Máster es diseñar una terminal portuaria de contenedores automatizada en la Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena, con el fin de captar un mayor tráfico de contenedores tanto de transbordo como import/export, obteniendo rendimientos más eficientes que los actuales y utilizando menos recursos de mano de obra operativa.

Por ello, el alcance de dicho trabajo se centrará en realizar el diseño técnico de la terminal y para ello se analizarán:

- La oferta y demanda
- La evolución del tráfico de contenedores
- El buque de proyecto
- Los niveles de automatización
- Las capacidades de los distintos subsistemas de la terminal (puerta marítima, almacenamiento, interconexión y puerta terrestre)
- El diseño en planta y alzado de la línea de atraque en función del buque de proyecto y las grúas de muelle
- El dimensionamiento del patio de almacenamiento, el subsistema de interconexión, así como las necesidades de accesos terrestres.

03

Antecedentes

III. ANTECEDENTES

III.1.El problema de la estiba en España

Se define la acción de la estiba, según la RAE, como “colocar y distribuir ordenada y convenientemente todos los pesos del buque”, siendo operaciones necesarias para que la mercancía transportada no sufra desplazamientos que comprometan su seguridad, tratando de optimizar el espacio del buque. Por tanto, la acción opuesta es la desestiba, que se define como “el removido de la carga y su entrega al equipo de descarga para extraer de la bodega del buque la mercancía previamente estibada” (Puertos del Estado, 2017a).

Remontándonos al pasado, en dicho sector no ha existido personal especializado en estas actividades, por ello, se cree que dichas tareas eran llevadas a cabo por los miembros de la tripulación de cada embarcación de forma manual. La mano de obra era poco cualificada y tenían una gran capacidad física. Se trataba de un trabajo en equipo, entre los marineros que maniobraban la mercancía a bordo del buque y los peones en tierra que se ocupaban de la mercancía una vez se descargaba.

En la edad media, los trabajadores de dicho sector se agruparon en gremios para ayudarse entre ellos y defender sus intereses con el fin de eliminar cualquier competencia. Como consecuencia de esto, se produjo un monopolio, en el que los agremiados eran los únicos que podían manipular la mercancía. El riesgo de accidentes era muy elevado, llegando en muchas ocasiones a accidentes mortales, por tanto, este gremio que se generó, como se ha dicho ayudaba a sus integrantes, se comprometía a ayudar económicamente a los familiares afectados.

Con el paso del tiempo, las operaciones portuarias comenzaron a dificultarse, necesitando la formación de la mano de obra.

Se formó el primer sindicato internacional de estibadores en 1932, con representantes de varios países, y España entre uno de ellos. Esto generó huelgas y revueltas para mejorar las condiciones laborales de los estibadores que posteriormente, tras el Golpe de Estado de 1936 que desencadenó la Guerra Civil Española, sufrieron un gran retroceso.

En 1936, se reguló el trabajo portuario en España, por ello, se estableció el sistema de rotación de estibadores y se crearon los Servicios Sindicales del Puerto (SSP) que dependía de Sindicato de Transporte de su localidad y por tanto, descentralizando el sindicato. En 1943, los SSP pasaron a ser los SPT (Servicios de Trabajos Portuarios), y al año siguiente se creó la Sección Central de Trabajos Portuarios para unificar las políticas laborales del sector y tener una sola para los puertos del país.

Una vez finalizó la Segunda Guerra Mundial, los divisionarios de la División Azul regresar de Rusia y para contentarlos, el ministro de trabajo Girón de Velasco creó la Organización de Trabajadores Portuarios (OTP). La cual funcionaba como una empresa de trabajo, en la que su servicio era solicitado por los empresarios que se les proporcionaba mano de obra y corrían con los gastos necesarios. De forma que permitía a dichos empresarios a cubrir con sus necesidades sin asumir costes laborales fijos y la organización era la que elegía quien podía acceder a la profesión en caso de jubilación o ampliación de plantilla.

En 1969, se aprobó la jubilación a los 55 años debido al gran esfuerzo físico de la mano de obra. Además, en la década de los 60, fue importante en dicho sector por los avances tecnológicos, como grúas, el contenedor o la navegación a vapor, que como consecuencia derivó en: necesidad de mayor cualificación y formación de los estibadores y una disminución de la demanda de estibadores.

En 1975, con la firma del Convenio 137 de la Organización Internacional del trabajo, se introdujeron normas a cumplir en el sector y se reconoció la especificidad del trabajo portuario. Esto fue de la mano de huelgas y

movilización para conseguir la garantía de no perder el empleo por los avances tecnológicos. Tres años después de dicha firma, se creó un sindicato nacional de obreros portuarios denominado Coordinadora Estatal de Trabajadores de Mar (CETM), siendo su función la de buscar conciliación y conseguir una negociación colectiva correcta.

Durante el Gobierno de Adolfo Suárez, en 1980, se publicó el Real Decreto 2302/1980, en que se decretó que los estibadores en huelga podrían ser sustituidos por trabajadores en paro y que las OTP pasaban a ser oficinas de empleo, y lo que ocasionó que 12.000 estibadores aproximadamente se quedaran sin contrato. Ante esta situación la CETM redactó un documento para que las empresas se comprometiesen a no aplicar una serie de puntos incluidos en el decreto.

En 1986, se suprimieron las OTP generando Sociedades Mixtas de Estiba y Desestiba que facilitaban la contratación de operarios auxiliares. Con la firma del primer Acuerdo Marco de la Estiba, se empezó la Regulación de las Relaciones Laborales Portuarias, favoreciendo una época de paz social y laboral propiciada por el fomento de prejubilaciones y la entrada de nuevos trabajadores. Posteriormente, se firmaron en 1993 el segundo Acuerdo Marco y en 1999 el tercero.

A principios del siglo XXI, estuvo marcada por los cambios en la Ley de Puertos del Gobierno y los conflictos en la firma del cuarto Acuerdo Marco entre la Asociación Nacional de Empresas Estibadoras y Consignatarias de Buques (ANESCO) y CETM. En 2011, se crearon las Sociedades Anónimas de Gestión de Trabajadores Portuarios (SAGEP) es cuando se volvieron a modificar los requisitos de acceso al censo de estibadores. Como consecuencia, surgieron una serie de problemas que a día de hoy todavía está, en concreto, la carta de emplazamiento por infracción que la Comisión Europea (CE) hizo llegar al Ministerio de Asuntos Exteriores mostrando su desacuerdo con la legislación de estibadores españoles que incumplía la normativa europea. Tras dicha carta, el gobierno hizo "oídos sordos", conllevando a que la CE denunciase la falta de libertad de establecimiento y vulnerando así el artículo 49 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFEU). Se consideraba que la legislación vigente obligaba a las empresas que necesitaban el servicio de la estiba a registrarse en la SAGEP, por lo que pertenecía a las asociaciones anónimas, sin tener oportunidad de contratar al personal y forzando a que se contratase un mínimo de trabajadores sobre base fija. Además, teniendo el poder sobre salarios, jornadas laborales, formación exigida, entre otras. Todo esto conllevó a que Puertos del Estado iniciase una modificación técnica de la Ley de Puertos en 2013.

Tras la publicación por parte del Ministerio de Trabajo del cuarto Acuerdo Marco, el TJUE emitió una sentencia condenatoria contra España, la que ocasionó que Puertos del Estado hiciese una propuesta de reforma de la estiba se elevará a la CE. Dicha reforma, planteaba la libre contratación tras un periodo de transición. Sin embargo, en 2016 la CE sancionó por segunda vez a España por no llevar a cabo los cambios necesarios en el Régimen Laboral de la Estiba y mantener la exclusividad. Todo ello, provocó que el caso fuera elevado al Tribunal de Luxemburgo.

En 2017, el Gobierno aprobó el *Real Decreto-ley 4/2017, de 24 de febrero, por el que se modifica el régimen de los trabajadores para la prestación del servicio portuario de manipulación de mercancías dando cumplimiento a la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea de 11 de diciembre de 2014, recaída en el asunto C-576/13 (procedimiento de infracción 2009/4052)*. En marzo, el Congreso de los Diputados ordenó su derogación. Sin embargo, el 12 de mayo se volvió a intentar con el *Real Decreto-ley 8/2017*.

Este ofrecía dos posibilidades:

- *"Sean las propias empresas estibadoras las que, pudiendo contratar libremente trabajadores permanentes o temporales, gestionen las oficinas de empleo que han de suministrarles su mano de obra y organicen la formación de esos trabajadores, o*

- *La posibilidad de crear una reserva de trabajadores gestionada por empresas privadas, que funcionen como agencias de empleo temporal y que pongan trabajadores a disposición de las empresas estibadoras"*

Con esta novedad, se veía claro que el sector quedaría liberalizado eventualmente y que la ejecución de terminales de contenedores automatizadas sería un hecho. En 2018, siguiendo las exigencias del RD-ley 8/2017, se empezó la transición de las SAGEP a Centros Portuarios de Empleo (CPE) que funcionarán como Empresas de Trabajo Temporal (ETT) específicas para dicho sector, sin necesidad de que las empresas de la estiba formen parte de él. Pero esto ocasionó una revuelta de la estiba.

En marzo de 2019, se aprobó el Real Decreto-ley 9/2019, de 29 de marzo, *modifica la Ley 14/1994, de 1 de junio, por la que se regulan las empresas de trabajo temporal, para su adaptación a la actividad de la estiba portuaria y se concluye la adaptación legal del régimen de los trabajadores para la prestación del servicio portuario de manipulación de mercancías*. Se pretende consolidar la liberación del Régimen Laboral de la Estiba que comenzó con el RD ley 8/2017. Por ello, el Real Decreto ley 9/2019, dice lo siguiente:

- 1- *"Dentro del marco del artículo 1: Los centros portuarios de empleo que puedan crearse al amparo de lo establecido en el RD-ley 8/2017, de 12 de mayo, operarán como empresas de trabajo temporal específicas del sector de la estiba portuaria.*

En el capítulo V, se define y desarrolla el régimen de funcionamiento de los centros portuarios de empleo, garantizando que todos los operadores compiten en libertad (CPE y ETT), uno de los Principios de la Unión Europea.

- 2- *Se establece que los centros portuarios de empleo incluirán en su denominación los términos «centro portuario de empleo» o su abreviatura «CPE», en lugar de os términos «empresa de trabajo temporal», o su abreviatura «ETT»*
- 3- *Las empresas empleadoras, titulares de la licencia de prestación de servicios portuarios de manipulación de mercancías, ostentarán las facultades de dirección, organización y control de la actividad laboral de los trabajadores portuarios contratados por los centros portuarios de empleo, según lo previsto en el artículo 20 del texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.*

Además, se entiende incluida la función de designar al personal necesario para realizar cada una de las actividades portuarias.

- 4- *Las organizaciones sindicales y asociaciones empresariales podrán establecer ls medidas necesarias para el mantenimiento de los derechos de los trabajadores, garantizando la estabilidad en el empleo, en estos supuestos:*
 - a) *Cuando las empresas titulares de las licencias del servicio portuario de manipulación de mercancías opten por dejar de ser accionistas de las SAGEP, de acuerdo con lo previsto en la disposición transitoria primera del Real Decreto-ley 8/2017, de 12 de mayo, produciéndose el decrecimiento de la actividad de esta*
 - b) *Cuando las SAGEP opten por transformarse en CPE"*

III.2.Contexto de las terminales automatizadas

La automatización industrial consiste en el uso de elementos o sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, electrónicos y computarizados para controlar máquinas y procesos, reduciendo la intervención humana en el desarrollo de la actividad. De forma que facilita un mayor control de los equipos y procesos implicados en esta, lo que es lo mismo:

- La estandarización del rendimiento y los niveles de servicio
- La eliminación de la incertidumbre en los tiempos de respuesta
- La reducción de los costes operativos
- La eliminación de los errores asociados a la conducta humana.

Estas ventajas junto a la evolución tecnológica y el crecimiento del comercio internacional, resulta inconcebible una economía basada en el trabajo manual, es por ello que la automatización está involucrada en la mayoría de los ámbitos de la industria.

El sector logístico, es un claro ejemplo, ya que con el paso de los años ha evolucionado la automatización parcial o total de sus procesos, gracias a la gestión de grandes infraestructuras de transporte. En cuanto, al ámbito portuario, las terminales portuarias son el referente de la automatización.

Siguiendo con el sector portuario, como menciona (*Monfort 2011*), se define terminal portuaria como un intercambiador modal que normalmente dispone de un área de almacenamiento en tierra para coordinar los diferentes ritmos de llegas de la mercancía vía marítima y terrestre. Siendo la misión proporcionar los medios y la organización necesaria para el intercambio de la mercancía entre los diferentes modos con las mejores condiciones en cuanto a seguridad, eficacia, rapidez, economía y media ambiente.

Asimismo, las terminales portuarias que pueden alcanzar un mayor grado de sistematización son las de contenedores, por las siguientes características:

- Estandarización del elemento de transporte, el contenedor
- Estandarización en la forma de manipulación de la mercancía
- Elevado número de intercambios que se realizan
- Gran repercusión de la tecnología para la rentabilidad de la terminal.

El concepto de "terminal automatizada" se introdujo por la terminar ECT Delta Terminal del Puerto de Rotterdam (Países Bajos) en 1993. Dicha terminal, estaba equipada con *Automated Stacking Cranes* (ASCs) y *Automated Guided Vehicles* (AGVs), prescindiendo por tanto de operadores tanto para la manipulación de los equipos de almacenamiento como para los de interconexión.

Actualmente, son muchas las terminares portuarias de contenedores TPCs que se han automatizado. Por ello, la política europea y española apuesta por la automatización desde hace tiempo, aumentando el mercado de equipamiento y de software para terminales automatizadas de este tipo.

No hay que olvidar, estudiar las necesidades particulares de cada terminal de contenedores a la hora de implementar las soluciones de autónomas como son el grado de automatización y nivel de desarrollo, además de conocer las nuevas tendencias en dicho ámbito.

Hoy en día, el término “terminal automatizada” se emplea para definir a las TPCs en las que se han automatizado únicamente los movimientos de patio y los de interconexión muelle – patio, dejando manuales los de interconexión grúa – buque y asistidos por controladores los de recepción y entrega. No obstante, esta es una opción de las múltiples soluciones de automatización que existen en las TPCs. Se está evolucionando a pasos agigantados en la automatización de dichas terminales, yendo más allá de la automatización del patio de la terminal, hacia la totalidad de las operaciones. Se está hablando de automatización de puertas, patio y grúas de muelle.

Realmente, las primeras automatizaciones que se implementan son las relacionadas con las **puertas de la terminal**, que en la actualidad se está trabajando en la mejora de sistemas de captación de los datos en la interfaz terminal – cadena logística, ya que el interés es mutuo, tanto por la puerta marítima como por la terrestre, teniendo la terrestre mayor dificultad dado de mayor número de medios de transporte.

La automatización del **patio** es la más utilizada, y como se definirá posteriormente, son las conocidas como terminales automatizadas o semi-automatizadas que tienen los movimientos de patio total o parcialmente automatizados.

La tecnología de los equipos de almacenamiento e interconexión que van evolucionando hacia el diseño de sistemas de manipulación más autónomos y eficientes, como son, por ejemplo, la combinación de las siguientes:

- *Automated Stacking Cranes (ASCs)*



Ilustración 11. Automated Stacking Cranes (ASCs). Fuente: porttechnology

- *Automated Guided Vehicles (AGVs)*



Ilustración 12. Automated Guided Vehicles (AGVs). Fuente: konecranes

- *Automated Lifting Vehicles (ALVs) o Automated Shuttle Carriers (AShC)*



Ilustración 13. ALV de la casa Kalmar (AShC) transportando un contenedor de 40'. Fuente: Roy and de Koster: Modeling and Design of Container Terminal

Por último, las **grúas de muelle** son los equipos cuya automatización esta menos desarrollada. Por ello, dichos elementos de la operativa son los que, en un futuro muy próximo, sorprendan con un salto tecnológico. Hasta ahora, los esfuerzos de automatización de dichas grúas han sido automatizaciones menores que implementadas permiten mecanizar algunas de las funciones que anteriormente dependían del gruísta que tenía el control.

III.3. Tipos de terminales: automatizadas y semi-automatizadas

Los costes en mano de obra, el aumento de la competencia en la industria portuaria y la estandarización en los sistemas de manipulación de contenedores han impulsado, como se ha comentado anteriormente, la automatización de terminales de contenedores.

Las terminales que se describen como totalmente automatizadas, son aquellas que tanto la transferencia horizontal entre el muelle y el patio, como el sistema de apilamiento del patio están automatizados. A veces, es posible automatizar totalmente equipos convencionales mediante la implementación de las automatizaciones menores necesarias con un proceso de *retrofitting*. Dicha solución se utiliza para terminales en servicio que todavía no han amortizado su inversión inicial en equipamiento (*Monfort, 2012*).

Sin embargo, existe una solución intermedia entre las terminales automatizadas y las manuales, siendo esta las terminales semi-automatizadas. En estas terminales, el sistema de apilamiento de patio esta automatizado, la interconexión entre el muelle y el patio se realiza mediante equipos convencionales, o viceversa.

En ambos tipos de terminales, se emplean automatizaciones mayores o totales, que son aquellas que automatizan la totalidad del proceso, movimiento o equipo. En contraposición, las automatizaciones menores que hacen referencia a las nuevas tecnologías y su aplicación, la parte operativa y administrativa, así como en la de manipulación de equipos y contenedores que automatizan una máquina.

Las automatizaciones mayores son más visibles y es la parte más reconocida, pero son las menores las que prácticamente todas las terminales de contenedores tienen incorporadas, ya sea en equipos como en sistemas informáticos. Las automatizaciones menores suelen ir incorporadas en equipos ya de fábrica, aunque todavía hay casos en las que son adicionadas a posteriori con el fin de mejorar eficiencia, seguridad y calidad de los procesos.

Con la combinación de automatizaciones diferentes tanto sean mayores o menores, se obtienen terminales portuarias de contenedores con distintos grados de automatización.

III.4. Diferencias en el Proceso de diseño de una TCA frente a una TCC

En este punto se destacan las diferencias más importantes en relación con el diseño de una terminal de contenedores automatizada, frente al de una convencional. Según (*Fernández Rubio, 2012*) son las siguientes:

- **En las TCA el control de los sistemas es fundamental:** La ingeniería civil y mecánica están en la definición básica de las terminales convencionales. Sin embargo, en las automatizadas el hardware y el software son la base de la ingeniería. Dichos softwares son específicos para cada puerto, por tanto, requiere tiempo y dinero. Desarrollar las funciones de control para conectar y controlar el software de los equipos es necesario para el buen funcionamiento.
- **El coste inicial de una TCA es elevado:** Mínimo un 20-25% superior al de una TCC. Se buscan costes como mínimo de un 40% para que la terminal sea rentable y por ello, se reduzca personal.
- **Se quiere mejorar los rendimientos respecto de las TCC, por ello, los equipos se diseñan de origen para satisfacerlo:** Se tiene que trabajar con equipos que son totalmente nuevos y que operarán de diferentes modos.
- **Los procesos de ambas terminales son muy distintos:** El sistema de manipulación es diferente tanto para la automatización como para los cambios de la demanda que conlleva el avance. Ya que, estos

cambios influyen en las características de todos los equipos de la terminal. Es necesario un Sistema de Control (TOS) a la altura de las TCA, es decir, mucho más desarrollado y profundo que las de TCC. El TOS se puede definir como el núcleo básico en el que se apoyan el resto de sistemas.

III.5.Principales terminales automatizadas

Se procede a nombrar una serie de ejemplos de TCA más importante a nivel mundial, siendo cada vez más las inversiones que se realizan en proyectos de automatización y construcción de nuevas TCA en distintas áreas geográficas.

- **ECT Delta Terminal (Europe Container Terminal Rotterdam) – Puerto de Rotterdam, Países Bajos (desde 1993)**

La Terminal Delta ECT, entre otras cosas, es conocida por el hecho de que fue la primera terminal automatizada del mundo en 1993. A través de inversiones continuas y especialmente la combinación de conocimiento y tecnología, sigue liderando en la actualidad.



Ilustración 14. ECT Delta Terminal Rotterdam. Fuente: oevz.com

La terminal situada en Maasvlakte, tiene un área total de 265 Ha, una longitud de muelle de 3,6 km y una profundidad de agua inigualable de 16,5 m. Incluso los buques portacontenedores más grandes de 10,000 TEU pueden atracar en la Terminal Delta de ECT las 24 horas del día. En cuanto a equipamiento cuenta con 265 *automated guided vehicles (AGVs)*, 137 *automated stacking cranes (ASC)*, 36 grúas para contenedores, 2 grúas de transporte terrestre en el muelle de aguas profundas, 38 *Straddle carriers (SC)*, 28 tractores multi-remolques, 145 trenes multi-remolques, 3 apiladores de alcance y 3.250 conexiones para contenedores reefer,

En Maasvlakte, directamente en el Mar del Norte, los barcos más grandes pueden llamar a la Terminal Delta de ECT las 24 horas, los 7 días de la semana, sin verse obstaculizados por las mareas o las esclusas. La profundidad a lo largo del muelle aquí puede acomodar fácilmente las embarcaciones más grandes completamente cargadas. Desde la entrada del puerto, los barcos se pueden atracar con seguridad muy rápido. Por lo tanto, muchas líneas navieras seleccionan la Terminal Delta de ECT como su primer puerto de escala en Europa. Como resultado, la Terminal Delta de ECT es también el centro de alimentación líder en Europa. Siguiendo directamente el tráfico de aguas profundas, los alimentadores mantienen conexiones muy frecuentes con más de un centenar de otros puertos repartidos por toda Europa y el norte de África.

- **Euromax Terminal Rotterdam – Puerto de Rotterdam, Países Bajo (desde 2008)**

Euromax Terminal es una de las terminales de contenedores más avanzadas y sostenibles del mundo. La terminal automatizada se encuentra en el noroeste de Maasvlakte, casi directamente en el Mar del Norte. Esta terminal ha sido especialmente diseñada para el manejo rápido, seguro y eficiente de los buques portacontenedores más grandes. La profundidad a lo largo del muelle puede acomodar fácilmente las embarcaciones más grandes completamente cargadas. Dicho muelle ocupa un área de 84 ha, una longitud de 1.500 m y su profundidad es de 16,8 m, pudiendo alcanzar la dársena del puerto una profundidad máxima de 19,6 m, en caso de ser necesario.

Al igual que en la Terminal Delta de ECT, los transportistas de contenedores ultra grandes se pueden amarrar junto al muelle tiempo después de ingresar al puerto, sin verse obstaculizados por cerraduras o mareas. La terminal cuenta con 12 grúas Super Post Panamax, 4 grúas para contenedores de barcasas o alimentadores, 2 grúas ferroviarias, 58 grúas de patio automáticas sobre raíles (ARMGs), 96 Automatic Guided Vehicles (AGVs), 3 apiladores de alcance, 18 tractores terminales, 130 chasis de contenedores y 2.136 conexiones para contenedores reefer.

Todas las grúas de muelle en la Terminal ECT Euromax son semiautomáticas y están equipadas con un segundo carro para niveles de productividad aún más altos. Se pueden desplegar ocho grúas por barco para optimizar la productividad. Los vehículos guiados automatizados (AGV) transportan los contenedores entre el muelle y la pila. En cada una de las docenas de carriles de apilamiento, el trabajo lo llevan a cabo dos grúas de pórtico automáticas montadas sobre rieles o ARMG, una en la orilla del agua y otra en la tierra.

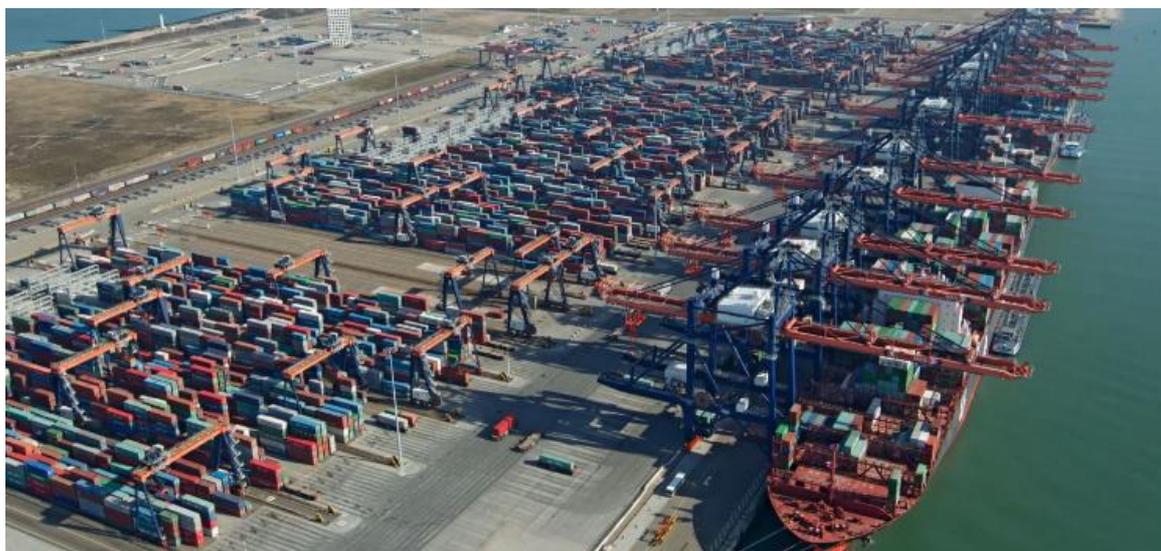


Ilustración 15. Euromax Terminal Rotterdam. Fuente: oevz.com

- Long Beach Container Terminal (LBCT) – California, EEUU

Long Beach Container Terminal de California situada en la costa Oeste de los EEUU. Es la primera terminal automatizada a gran escala en los Estados Unidos, ya que cuenta con la automatización de las operaciones de carga y descarga, patio y transferencia, por ello, se necesita un número muy reducido de personal para poder llevar a cabo el funcionamiento de la terminal. Ésta es líder de la industria en innovación y tecnología, que busca continuamente aumentar la eficiencia, proteger el medio ambiente junto con la seguridad de los empleados y las comunidades circundantes, mientras se esfuerza por mejorar la experiencia de servicio al cliente.

LBCT tiene una superficie de 42 ha, y cuenta con 7 grúas STS de alta productividad con capacidad de elevación de 130 m y altura máxima de elevación de 50,3. Todas ellas tienen una capacidad de 17 contenedores de manga, exceptúan dos grúas que tienen 22. Gracias a la automatización de éstas, se permite elevaciones dobles o sencillas con velocidades de 180 m/min aproximadamente. Una vez los contenedores se ubican en el muelle, la *grúa OCR* los escanea mandando las imágenes al puesto de mando. Una vez examinados, los contenedores se depositan en *AGVs* para ser transportados del muelle al patio que son manipulados por *ASCs*, siendo su capacidad de 6 contenedores de alto x 9 o 10 contenedores en achó.



Ilustración 16. LBCT. Fuente: www.lbbusinessjournal.com

En la actualidad, junto al puerto, se encuentran en las etapas finales de expansión y desarrollo de una nueva instalación que combina dos terminales de contenedores obsoletos en una de las instalaciones más tecnológicamente avanzadas y ecológicas del mundo. El proyecto, se conoce como el Proyecto de Reurbanización de Middle Harbor, es el más grande de su ámbito en América del Norte, como se puede observar en *Ilustración 16* la zona completada y en funcionamiento de dicho proyecto. Una vez finalice, LBCT habrá reducido la contaminación del aire en un 80%, de modo que disminuirán los impactos ambientales, mejorando la calidad del aire y creando un ambiente de trabajo más seguro. Se estima que se termine dicho proyecto en 2022 y en ese momento, la terminal tendrá la capacidad de manejar más

de 3.5 millones de TEU junto con el servicio a los buques portacontenedores más grandes del mundo sin aumentar huella ambiental.

- **HHLA Container Terminal Altenwerder (CTA) – Puerto de Hamburgo, Alemania**

La terminal HHLA de contenedores se ubica en Altenwerder, al sur de Hamburgo en el río Elba, siendo una de las terminales de contenedores más modernizada hasta el momento. Ésta opera bajo el mando de las líneas marítimas *Hamburger Hafen und Logistik* (HHLA) un 74,9% y el resto, 25,1%, bajo el mando de Lloyd AG.

La terminal se puso en funcionamiento en 2002, se extiende en una superficie de 1 km² y tiene una capacidad anual de 3 millones de TEUs. El muelle tiene una longitud de 1,4 km y un calado máximo de 16,7 m.



Ilustración 17. HHLA Container terminal Altenwerder. Fuente: www.researchgate.net

Cuenta con un sistema informático capaz de controlar todos los elementos de la terminal desde las grúas muelle hasta la gestión de almacenamiento en el patio. Sin embargo, el carro principal de la grúa *Double Trolley* que carga o descarga el buque esta operado por un gruista, ya que la automatización hasta la actualidad consigue realizar dicha tarea por el movimiento continuo del barco. Se puede observar en la siguiente imagen el sistema de trabajo que se realiza en la HHLA.

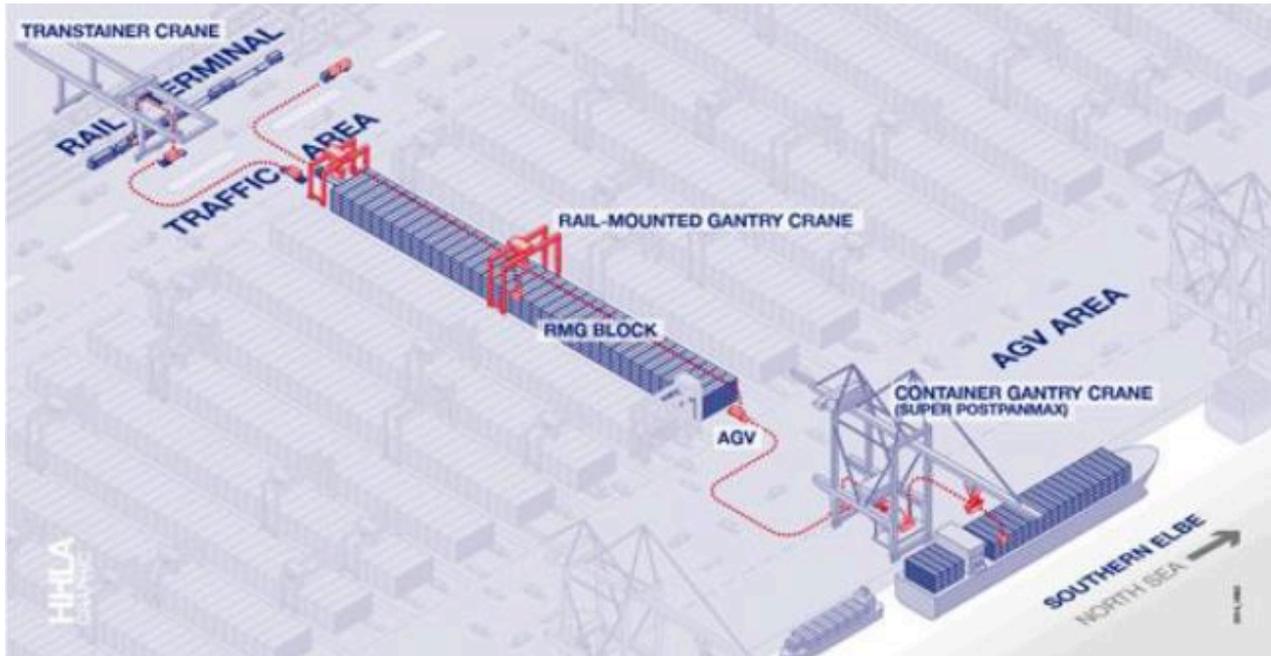


Ilustración 18. Sistema de trabajo de la HHLA Container terminal Altenwerder. Fuente: HHLA

Estos son cuatro ejemplos importantes de terminales automatizadas, también existen otros muy conocidas como, la Qingdao Fully Automated Terminal (Puerto de Qingdao, China) que es primera terminal de contenedores en Asia con un grado de automatización muy elevado o Patrick Terminals (Puerto de Brisbane, Australia) por ser el principal operador de Australia, entre otras.

Sin olvidar, como se ha comentado en apartados anteriores que existen terminales semi-automatizadas, como son algunos ejemplos:

- London Thamesport (HPH) –Medway Ports, Reino Unido
- Wan Hai –Puerto de Tokyo, Japón
- Antwerp Gateway Terminal (DPW)
- TTI Algeciras (Hanjin) –Puerto Bahía de Algeciras, España
- Tercat (HPH) –Puerto de Barcelona, España

04

Situación actual

IV. SITUACIÓN ACTUAL

IV.1. Historia del Puerto de Cartagena

La historia de la ciudad y del puerto de Cartagena siempre han ido ligadas. En tiempos de los romanos el puerto de Cartago Nova aportó a la ciudad un reconocimiento importante en España, por la significativa actividad comercial de importación y exportación de mercancías con otros puertos, como Roma y África, y en el ámbito militar, proporcionó el primer arsenal de guerra para las expediciones de represión y conquista romanas. En época Bizantina, el puerto de Cartagena y su depósito fueron muy importantes en las operaciones militares entre visigodos e imperiales. Durante la dominación los árabes, entre los siglos VIII y XIII, hubo un resurgimiento de la ciudad gracias al arsenal de Mandarache y el puerto que sirvieron a los musulmanes para preparar las expediciones y conquista del territorio del Mediterráneo.

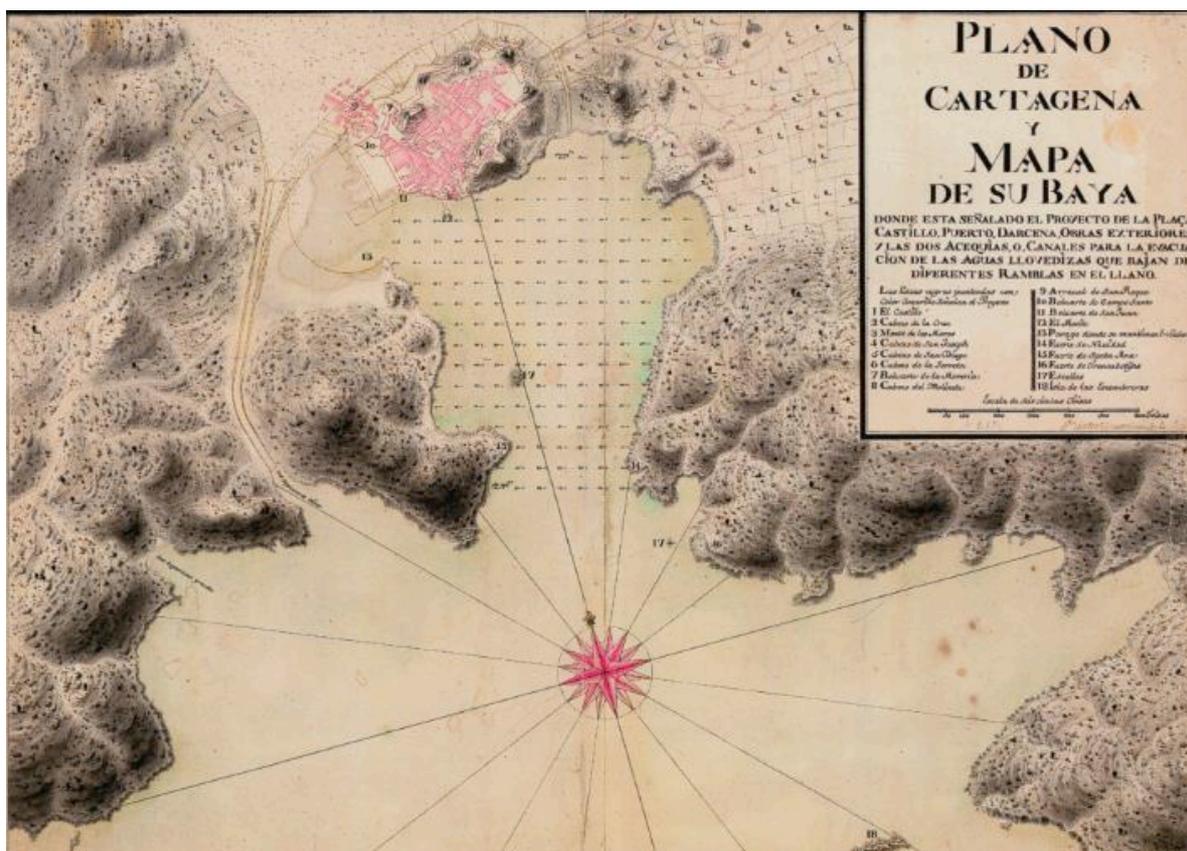


Ilustración 19. Plano de Cartagena Fuente: apc.es

Continuando con la Edad Media, Alfonso X crea la orden de Santa María de España para la defensa naval de la Corona de Castilla, estableciendo la sede principal en Cartagena para aumentar las relaciones comerciales de Castilla con el Mediterráneo Occidental, utilizando el puerto de Cartagena como puerta. Desde el reinado de los Reyes Católicos hasta la actualidad, se ha ido intensificando el carácter militar del puerto y la ciudad. Que, gracias a la crecida de la industria naviera, junto con los oficios que le acompañan, hizo crecer la economía y la población de la ciudad de Cartagena.

A finales del siglo XIX, en el puerto se construyen los diques de Curra y Navidad y el muelle de Alfonso XII, impulsando el comercio marítimo, que junto con las actividades mineras de La Unión aumentan el valor de la ciudad.

A mitad del siglo XX, en el Valle de las Escombreras se funda la primera refinera de petr3leo en toda Espa1a, y por ello, se construyen los primeros muelles en la d1rsena de Escombreras. En un periodo corto de tiempo, la actividad industrial en el Valle de Escombreras y el tr1fico en los muelles de dicha d1rsena ha ido aumentando y modificando dicho lugar considerablemente. Como consecuencia, en el siglo XXI es la concentraci3n industrial m1s importante de la Regi3n de Murcia, que genera miles de puestos de trabajo, as3 mismo, tiene un gran impacto econ3mico en la ciudad de Cartagena y en la Regi3n de Murcia.



Ilustraci3n 20. Vista a3rea Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es

IV.2. El Puerto y sus d1rsenas

El Puerto de Cartagena est1 constituido por dos d1rsenas: la d1rsena de Cartagena y la d1rsena de Escombreras, separadas e independientes. La distancia entre ambas es de 1,5 km por mar y 5 km por carretera.

IV.2.a D1rsena de Cartagena

- Puertos deportivos y tur3sticos

Puertos	Caracter3sticas
Pantal1n Antiguo Club de Regatas	- 200 m de longitud con 4,60 m de calado - Atraques para embarcaciones deportivas y de recreo
Escala Real Muelle Alfonso XII/ C-001	- Muelle de 141 m de atraque y 6,10 m de calado - Atraque para embarcaciones tur3sticas
Real Club de Regatas de Cartagena	- 1.609 m de l3nea de atraque - Capacidad para 400 embarcaciones - Club N1utico, varadero y servicio de suministros
Yacht Port Cartagena – Marina de Cartagena	- Embarcaciones desde 12 m hasta megayates - Amarres abarloados y con finger - Servicio completo de mantenimiento profesional - Marina privada, cerrada y seguridad 24 horas - Aparcamiento gratuito en el centro hist3rico de la ciudad

Tabla 1. Puertos deportivos y tur3sticos en el puerto de Cartagena

- **Terminal de Cruceros C002**

Terminal de Cruceros	Características
C002	<ul style="list-style-type: none"> - 700 m de línea de atraque - 11,25 m de calado - Terminal de Pasajeros - Explanada de 4.500 m² - Zona de aparcamiento para taxis y autobuses - Control de acceso y punto de Información Turística - Terminal de Pasajeros

Tabla 2. Terminal de cruceros C002 en el puerto de Cartagena

- **Instalaciones Pesqueras**

Instalaciones Pesqueras	Características
Instalaciones Pesqueras	<ul style="list-style-type: none"> - Dársena pesquera de 575 m lineales de atraques y 3,60 m de calado - Dique de atraque de 196 m de longitud y 7,60 m de calado - Travelift con 200 tm de capacidad de elevación y 7.199 m² de superficie de depósito de embarcaciones. - Fábrica de hielo (20 t/día) - Lonja de 1.425 m² de superficie, con instalaciones para preparación y envasado de pescado y almacenes frigoríficos de 5.500 m³ de capacidad - 4.500 m² de instalaciones para reparación y secadero de redes

Tabla 3. Instalaciones pesqueras en el puerto de Cartagena

- **Astilleros**

Astilleros	Características
Grupo Navantia	<ul style="list-style-type: none"> - Dique Seco para buques de hasta 216 m de eslora y 30 m de manga - Dique Flotante de 119,88 m de eslora y 27,08 m. de manga exterior - Astillero de tres gradas de 176 m de longitud de gradas y 19,1 m de ancho - Carenero Múltiple de 130 x 25 m con 8.740 t de capacidad de izado y varado con 130m. de eslora máxima - Varadero
Varadero / C006	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 141 m de atraque y 6,10 m de calado - Atraque para embarcaciones turísticas
Ministerio de defensa	<ul style="list-style-type: none"> - 1.609 m de línea de atraque - Capacidad para 400 embarcaciones - Club Náutico, varadero y servicio de suministros

Tabla 4. Astilleros en el puerto de Cartagena

- **Terminal de contenedores C007/C008**

Terminal de Contenedores	Características
C007/C008	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 385 m de longitud de atraque - 11,25 m de calado - Superficie total: 127.174 m² con 109.495 m² de almacenes descubiertos - Certificación de Calidad ISO 9001:2008 en Tráfico de Contenedores - Tres grúas portacontenedores: de 35, 40 y 57 t y con rendimiento de 25/27 contenedores/hora - Grúa móvil de 64 t con 350 tm/h de rendimiento - Atraque Ro/Ro para este tipo de tráfico - Terminal ferroviaria en el puerto - Puesto de Inspección Fronteriza para terceros países y para todo tipo de mercancías - 200 tomas de enchufe para contenedores frigoríficos - Centro de servicios para oficinas, servicios oficiales y usuarios

Tabla 5. Terminal de contenedores en el puerto de Cartagena

- **Instalaciones Ro-Ro para tráfico rodado C009/C010**

Instalaciones RoRo para tráfico rodado	Características
C009/C010	<ul style="list-style-type: none"> - 79 m de línea de atraque con 11,25 m de calado - Tacón Ro-Ro para carga y descarga de tráfico rodado roll-on/roll-off de contenedores, mercancía general y vehículos

Tabla 6. Instalaciones Ro-Ro para tráfico rodado en el puerto de Cartagena

- **Terminal de Mercancía General C010/C011**

Terminal de Mercancía General	Características
C010/C011	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle polivalente de 405 m de longitud de atraque y 11,25 m de calado - Superficie total: 132.341 m² con 97.874 m² de almacenes descubiertos y 14.174 m² cerrados - Tinglado de 6.000 m² de superficie. - 6 grúas de pórtico: tres grúas de 6 t una grúa de 12 t y dos de 16 t - Atraque Ro/Ro para este tipo de tráfico - Puesto de Inspección Fronteriza para terceros países y para todo tipo de mercancías - Certificación de Calidad ISO 9001:2008 en tráfico de mercancía general - Terminal ferroviaria en el puerto - Báscula de pesaje para camiones de 60 t

Tabla 7. Terminal de Mercancía General en el puerto de Cartagena

- **Terminales Hortofrutícola y de Ganado**

Terminales Hortofrutícola y de Ganado	Características
Terminales Hortofrutícola C010/C011	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 405 m de longitud de atraque y 11,25 m de calado - Almacenes frigoríficos con capacidad para 10.000 palets - Almacenes frigoríficos de 24.000, 10.500 y 7.500 m² - 385 tomas de enchufe para contenedores frigoríficos - Disponibilidad y prioridad de atraque para carga perecedera - Terminal incluida en la 360 <i>Quality Code Association</i> (<i>Sistema mundial de Calidad en destino en prevención de la contaminación de la carga</i>)
Terminales de Ganado C010/C011	<ul style="list-style-type: none"> - Plataforma móvil para carga segura, fluida y eficiente de animales a buque - Zona de paso, control y separación de los animales - Punto de inspección fronterizo - Posibilidad de carga de forraje para la alimentación animal - Servicio 24 horas, 365 días al año

Tabla 8. Terminal Hortofrutícola y de Ganado en el puerto de Cartagena

A continuación, se pueden observar en el plano de la dársena de Cartagena las diferentes terminales que la componen.

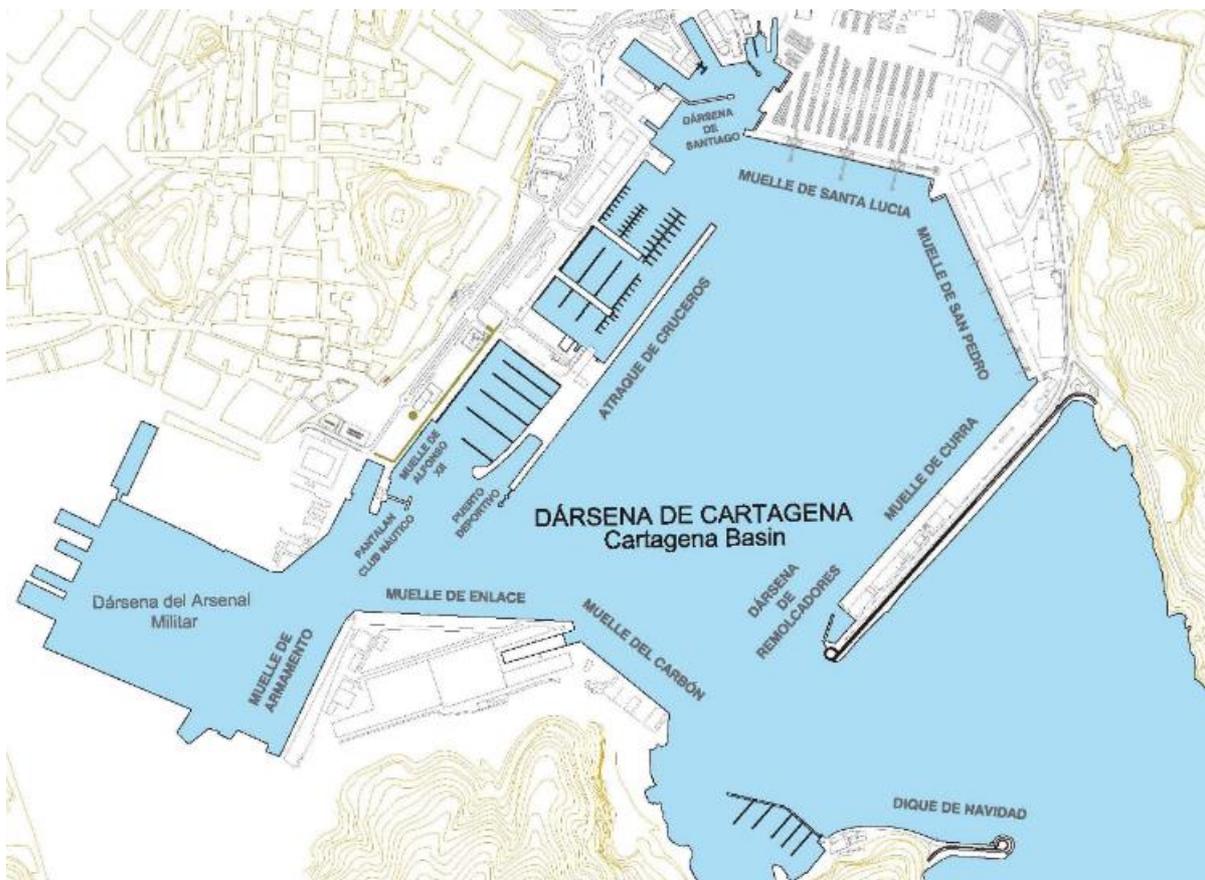


Ilustración 21. Plano de la Dársena de Cartagena del Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es

IV.2.b Dársena de Escombreras

- Terminales de graneles sólidos

Terminales de graneles sólidos	Características
Muelle Príncipe Felipe E004/E005/E006/007	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle polivalente con 4 frentes de atraque para GNL, graneles sólidos y líquidos - 807 m de línea de atraque con 13,72 m de calado máximo - Superficie total de 116.261 m² - 1 grúa móvil de 100 t, 2 de 80 tm, y otra de 63 t - Grúas de 12, 16 y 30 t - Instalaciones de recepción y descarga por tubería de cemento a granel con instalaciones de almacenaje: dos silos de cemento de 14.600 t y dos naves de 10.000 y 20.000 t - Certificación ISO 9001 en Tráfico de Graneles Sólidos - 58.282 m² de zona de almacenaje descubierta - 13.905 m² de almacenes cerrados - Conectado con la red ferroviaria - Edificio de Servicios Oficiales y usuarios - Básculas de pesaje de camiones de 60 t. - 5 naves de almacenamiento de fertilizantes sólidos a granel de 38.220 m² - 8 depósitos de almacenaje para fertilizantes líquidos de 2.000 m² cada uno - Instalaciones de descarga de graneles líquidos por tubería
Muelle Isaac Peral E007/E008/E009	<ul style="list-style-type: none"> - 480 m de longitud de atraque y 13,72 m de calado - Superficie total: 164.006 m² - Certificación ISO 9001 en Tráfico de Graneles Sólidos - Conectado con la red ferroviaria - Grúas de 12, 16 y 30 t - 1 grúa móvil de 100 t, 2 de 80 t y otra de 63 t - 19.220 m² de almacenes cerrados - Cinta transportadora para descarga de cereales - Básculas de pesaje para camiones y ferrocarril - Muelle de 150 m y 5 m de calado para embarcaciones auxiliares
Muelle Polivalente E021/E022	<ul style="list-style-type: none"> - 576 m de línea de atraque - Calado máximo de 21 m - Área de depósito de 231.605 m² - Dos grúas móviles de 100 y 140 t - Conexión ferroviaria
Muelle Sur E023/E024	<ul style="list-style-type: none"> - 601 m de línea de atraque - Calado máximo de 21 m - Área de depósito de 17.776 m² - 10.000 m² de almacenes cerrados - Dos grúas móviles de 100 y 140 t - Conexión ferroviaria

Tabla 9. Terminales de graneles sólidos en el puerto de Cartagena

- Terminales de graneles líquidos

Terminales de graneles líquidos	Características
Atraque de Metaneros E001	<ul style="list-style-type: none"> - Pantalán de 445 m de longitud y 12,50 m de calado - Instalaciones de descarga de GNL para buques de hasta 310 m de eslora
Muelle Fertilizantes E002	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 330 m de longitud y 7,00 m de calado - Muelle polivalente para graneles líquidos y sólidos - Terminal para descarga de ácido fosfórico
Muelle Príncipe Felipe Norte E003	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 277 m y 11,25 m de calado - Muelle polivalente para graneles líquidos (amoníaco, fosfóricos y GNL) - Capacidad de 20.000 TPM
Espigón Sureste E010/E011	<ul style="list-style-type: none"> - 2 atraques de 130 m de longitud y 13,20 m de calado para graneles líquidos - 2 tomas de gas-oil y una de fuel-oil - 4 brazos de descarga de 6" de diámetro, 2 de fenol y 2 de acetona - Operaciones con acetona, fenol e hidrocarburos - Terminal para carga de aceites vegetales
Espigón E012	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 200 m de longitud con 8,00 m de calado - Terminal de descarga de GLP - Operaciones con acetona, fenol e hidrocarburos - Terminal para carga de aceites vegetales
Pantalán E013/E014	<ul style="list-style-type: none"> - Dos atraques de 325 m de longitud, con 13,20 y 10,50 m de calado - Operaciones con graneles líquidos, refinados y GLP - 12 tomas de gasoil y 4 de fuel-oil
Muelle de Maese E015/E016	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 362 m de longitud y 9,90 m de calado - Preparado para operar con todo tipo de refinados del petróleo, aceites vegetales y bioetanol - Terminal de carga de biodiesel - 12 tomas de gasoil - Oficina de Inspección
Dique Muelle Bastarache E017/E018	<ul style="list-style-type: none"> - Muelle de 400 m de longitud y 10,80 m de calado para refinados del petróleo - Muelle de 417 m. de longitud y 21,40 m de calado con instalación especial para atraque de superpetroleros de 250.000 TPM para descarga de petróleo crudo con cinco brazos - articulados 3.500 T/h cada uno - 16 tomas de gasoil y 16 de fuel-oil - Terminal de descarga de GLP
Pantalán Bastarache E20	<ul style="list-style-type: none"> - Pantalán de 450 m y 24 m de calado para descarga de petróleo crudo - Capacidad para 315.000 TPM

Tabla 10. Terminales de graneles líquidos en el puerto de Cartagena

- **Otros atraques**

Otros atraques	Características
Dique Suroeste E025/E026	<ul style="list-style-type: none"> - Dique de abrigo de 1.000 m de longitud - Muelle de 822 m lineales de atraque y hasta 26 m de calado máximo - Destinado al atraque de buques en espera y asistencia de obras.

Tabla 11. Otros atraques en el puerto de Cartagena

A continuación, se pueden observar en el plano de la dársena de Escombreras las diferentes terminales que la componen.

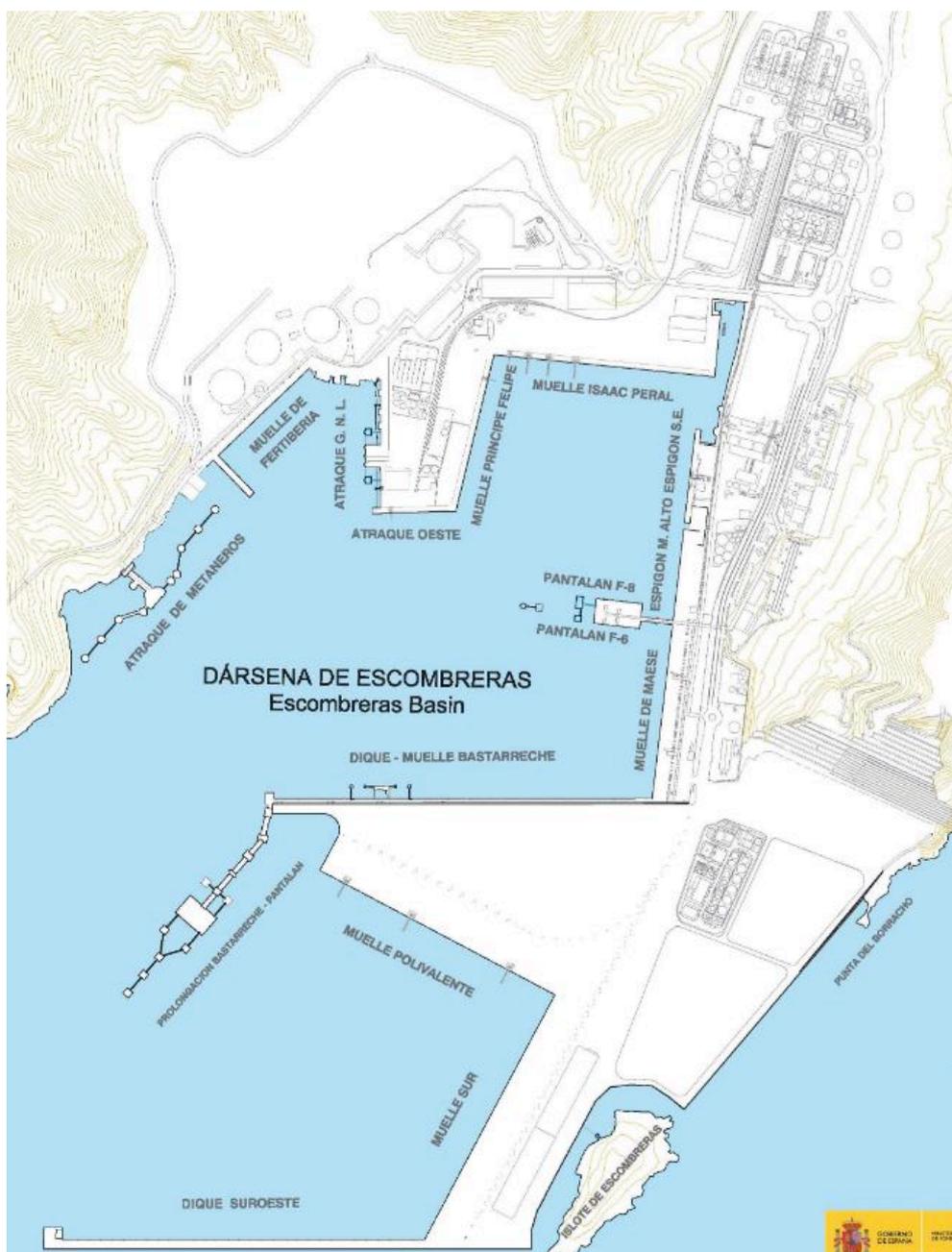


Ilustración 22. Plano de la Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena. Fuente: apc.es

IV.3. Evolución del tráfico portuario en el Puerto de Cartagena

Se analiza el tráfico portuario en el Puerto de Cartagena, especialmente el de contenedores. Como se puede observar los volúmenes han crecido desde los 46.800 TEUs en 2008 hasta los 84.100 TEUs en 2018, ocurriendo en 2019 un descenso del 20%. El crecimiento del tráfico de contenedores ha sido ascendente en todo periodo excepto en 2012 y 2019, donde se produce un descenso.

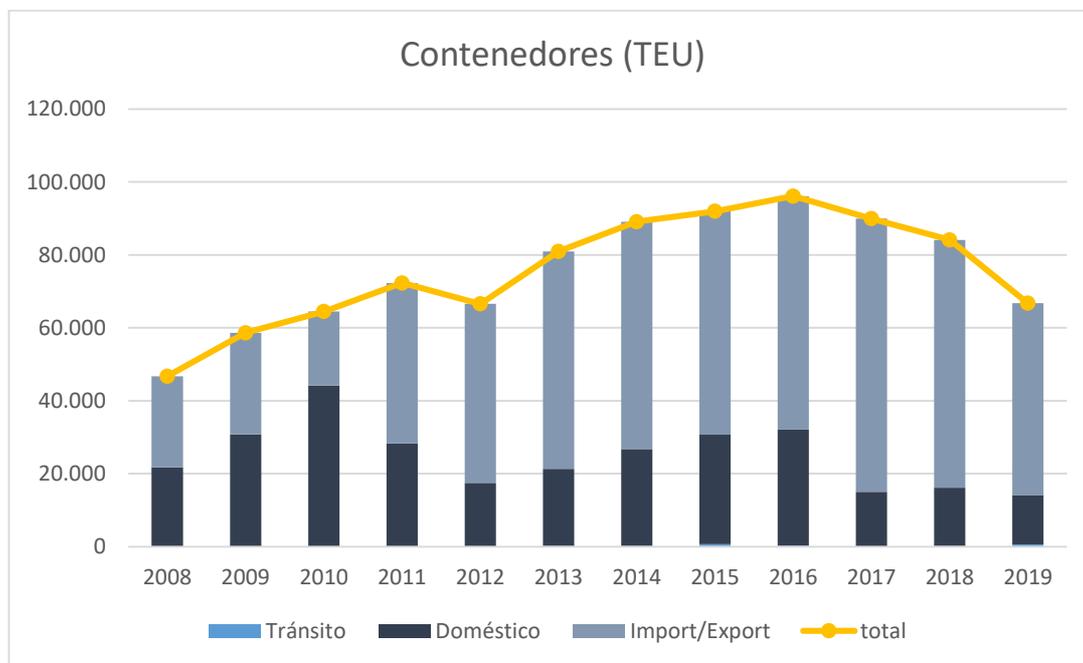


Ilustración 23. Gráfico evolución de tráfico de contenedores en el Puerto de Cartagena. Fuente: propia

Aproximadamente, el 80% del volumen de tráfico de contenedores se debe a los tráficos *import/export* que se ha duplicado desde el año 2008. El resto del incremento es debido al tráfico doméstico español alcanzando su máximo en el año 2010 y perdiendo relevancia frente al *import/export* en los años posteriores.

Año	Tráfico total (toneladas)		Cuota mercado	Variación año ant.	
	Puerto Cartagena	Red Puertos Españoles		Puerto Cartagena	Red Puertos Españoles
2008	25.752.898	473.822.118	5,4%	-	-
2009	20.579.876	413.043.817	5,0%	-20,1%	-12,8%
2010	19.230.397	432.549.686	4,4%	-6,6%	4,7%
2011	22.733.610	457.965.984	5,0%	18,2%	5,9%
2012	30.411.571	475.202.624	6,4%	33,8%	3,8%
2013	29.511.258	458.878.905	6,4%	-3,0%	-3,4%
2014	32.512.808	482.083.947	6,7%	10,2%	5,1%
2015	32.670.388	502.438.040	6,5%	0,5%	4,2%
2016	31.883.686	509.504.635	6,3%	-2,4%	1,4%
2017	34.688.199	545.222.364	6,4%	8,8%	7,0%
2018	33.941.690	563.556.611	6,0%	-2,2%	3,4%
2019	34.548.852	564.657.272	6,1%	1,8%	0,2%

Tabla 12. Evolución de tráfico de mercancía total Red de puertos españoles y puerto de Cartagena. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, en 2019, el Puerto de Cartagena elevó un 1,8% el tráfico de mercancías totales, hasta alcanzar los 34,5 millones de toneladas. Un crecimiento superior al que experimentó la red de puertos públicos españoles en su conjunto, que gestionó 564,6 millones de toneladas de mercancías, con lo que el volumen de carga se estancó y apenas contabilizó un aumento del 0,19% respecto al 2018.

La cuota de mercado que supone el Puerto de Cartagena respecto a la red de puertos españoles alcanza 0,7 de los TEUs en cuanto a tráfico doméstico y 1,1 en cuenta a tráfico *import/export*. A continuación, se muestra una tabla donde se recogen los datos históricos relativos a la cuota de mercado del puerto en cuestión.

Año	Tráfico doméstico (TEU)			Tráfico <i>Import/Export</i> (TEU)		
	Red Puertos Españoles	Puerto Cartagena	Cuota de mercado	Red Puertos Españoles	Puerto Cartagena	Cuota de mercado
2008	1.975.626	21.764	1,1%	4.342.702	24.979	0,6%
2009	1.650.075	30.765	1,9%	3.725.098	24.979	0,7%
2010	1.616.116	44.080	2,7%	4.297.252	27.915	0,6%
2011	1.590.133	28.394	1,8%	4.598.637	20.298	0,4%
2012	1.495.819	17.486	1,2%	4.892.348	43.924	0,9%
2013	1.524.666	21.168	1,4%	5.027.978	49.070	1,0%
2014	1.644.490	26.583	1,6%	4.949.693	59.579	1,2%
2015	1.728.964	30.012	1,7%	5.105.644	62.321	1,2%
2016	1.926.876	31.829	1,7%	5.272.324	61.295	1,2%
2017	1.972.377	15.023	0,8%	5.477.778	64.050	1,2%
2018	2.028.712	16.084	0,8%	5.900.138	74.908	1,3%
2019	2.009.445	13.546	0,7%	6.056.917	67.928	1,1%

Tabla 13. Evolución de la cuota de mercado del puerto de Cartagena en el tráfico *import/export* y doméstico español

La terminal de Santa Lucía, que actualmente es la terminal de contenedores, fue diseñada para albergar 85.000 TEUs. Se puede observar que se está superando su capacidad entre los años 2014 y 2017. En el año 2017, ya se observa un decremento importante del volumen de tráfico, hasta el 2019 con un volumen de 66.765 TEUs.

Dicho descenso tan brusco en los últimos 3 años, se debe principalmente a una disminución de productividad producida por haber estado durante 4 años consecutivos moviendo un volumen de contenedores superior a la capacidad para la que fue diseñada dicha terminal.

Desde el punto de vista de la explotación, operar en los márgenes de capacidad máxima puede llegar a ser contraproducente, siendo estos los motivos principales:

- Proximidad al límite de saturación puede llevar a la pérdida de la productividad. Provocando retrasos en la carga/descarga, mayores tiempos de esperas, acumulaciones en las inspecciones, etc.
- Las condiciones de diseño de la terminal pueden verse superadas en el momento en que la demanda está muy próxima a la oferta, desapareciendo las holguras calculadas
- La poca oferta disponible origina que las navieras no se sientan atraídas por dicha terminal, ante la incertidumbre de no poder cumplir con las expectativas temporales o de capacidad, incluso que finalmente se rechace la entrada del buque al puerto y, por tanto, obliguen a desviarse a otros puertos cercanos.

Entre otros factores, la llegada al punto de saturación de una terminal justifica su ampliación, o en este caso, la construcción de una nueva terminal de contenedores en el Puerto de Cartagena.

IV.4. Propuesta de una nueva TPC en la Dársena de Escombreras

Según *Arzo (2018)* tras realizar un estudio para la mejora de la explotación del tráfico de contenedores en el Puerto de Cartagena y análisis de competitividad, extrajo una serie de conclusiones que son favorables para la construcción de una nueva terminal de contenedores.

La ubicación del puerto es cercana a las grandes rutas que transitan por el estrecho de Gibraltar, que le permite captar tráfico *import/export* y de transbordo. Siendo, por tanto, más ventajoso tanto en las rutas que conectan Asia con el norte de Europa como en las que conectan el Mediterráneo con el Oeste de África. Además, gracias a la localización estratégica, el hinterland del Puerto de Cartagena se compone de seis provincias: Albacete, Alicante, Región de Murcia, Almería, Granada y Jaén (sombreadas en granate).



Ilustración 24. Mapa de España con el hinterland del Puerto de Cartagena. Fuente: propia

Las importaciones y exportaciones de los últimos años, en España, es creciente y se prevé que continuará aumentando, siendo una oportunidad para el puerto de Cartagena. Además, se espera un aumento de volumen de tráfico en la zona oeste del mediterráneo que podría ser la ocasión para que el puerto en cuestión entrará en el reparto de dichos tráficos de *transbordo*, aunque, si es cierto que tiene grandes competidores como los puertos de Algeciras, Tanger Mez, Valencia y Barcelona.

Las desventajas de los puertos competidores del ámbito, como son:

- La totalidad del tráfico de Algeciras es *de transbordo*, por ello, el puerto de Cartagena podría esparcir su hinterland por las provincias de Andalucía.

- Las terminales del puerto de Valencia están rondando el 100% de su capacidad, y su única solución es la ampliación que supondría afrontar grandes inversiones, y de esta forma, la puesta en marcha se dilatará en el tiempo. Aunque es cierto, que se está tramitando la licitación de una nueva terminal.
- La localización del puerto de Barcelona se encuentra alejada del Estrecho de Gibraltar, en comparación con Cartagena, suponiendo una gran desviación para las rutas transatlánticas o rutas con destinos norte de Europa u oeste de África.

Las tasas portuarias de la Autoridad Portuaria de Cartagena (APC) respecto de otras autoridades suponen rebajas del 30%, como son, por ejemplo, las de Barcelona y Algeciras que cuentan con coeficientes correctores a 1, y del 40% en Valencia ya que cuenta con un coeficiente mayor a la unidad, debido al elevado endeudamiento.

APC mantiene la armonía laboral en el sector de la estiba, por tanto, el operador naviero situado en dicho puerto puede ofrecer a sus clientes aspectos como rendimiento, eficiencia, regularidad y seguridad entre otros. Es por ello, que la estiba es un factor decisivo para la implantación de una nueva TP, tanto por el lado económico, ya que supera el 50% del paso de la mercancía por el puerto, como por el lado laboral, ya que el poder de organización del trabajo da un prestigio a dicha terminal, diferenciándolo de los puertos competidores.

Por último, tras el estudio de las tres alternativas que se planteó *Arzo (2018)* para acometer la ampliación de la capacidad de la APC. La solución seleccionada se ubica en la dársena de Escombreras, ya que cuenta con un mayor número de ventajas, respecto al resto de opciones, como son: mayor calado y apertura de la bocana, mejores accesos por vía terrestre (carretera y ferrocarril) y mayor facilidad de ganarle terreno al mar puesto que se trata de la dársena más exterior.

La solución escogida, se centra en aprovechar el actual dique suroeste, junto al muelle de descarga. El calado de este dique es de 26 metros, superando en gran medida el de la dársena de Cartagena de 11,50 m, donde actualmente se encuentra la terminal de contenedores de Santa Lucía. Y como consecuencia, permitirá la entrada de buques de mayor calado. En la actualidad, el dique suroeste cuenta con una longitud de 1.000 m, de los que se aprovechan 822 m para atraque de buques de espera y asistencia en obras.

Cabe destacar que el calado de la dársena de Escombreras, en la actualidad, permite acoger buques de mayor tamaño, garantizando en un futuro la operatividad para buques de gran calado. De esta forma, si se compara con los puertos nombrados anteriormente, Valencia y Barcelona cuentan con calados ajustados que ponen en riesgo la operatividad futura. Y, por otro lado, como se ha señalado en el párrafo anterior, la futura terminal contará con importantes conexiones terrestres, tanto la Red Española de Carreteras, como un ramal ferroviario que conectará con el Corredor Mediterráneo perteneciente a la Red Transeuropea de Ferrocarril.



Ilustración 25. Comparación disposición actual y disposición tras la actuación en la dársena de Escombreras. Fuente: Arzo Martí, Roberto (2018)

05

*Terminal Portuaria de
Contenedores Convencional*

V. TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES CONVENCIONAL

V.1.Subsistemas en TPCs

Una terminal portuaria se puede definir como un sistema integrado, con conexión física y de información, tanto con las redes de transporte terrestre como con las marítimas (*Monfort, 2001*). Dividiéndose dicho sistema en cuatro subsistemas.

- **Subsistema de carga y descarga**

Subsistema de carga y descarga de buques, o también llamado, de línea de atraque es el encargado de resolver la interfaz marítima entre el lado mar y la terminal. Atendiendo a la demanda en cuanto equipamiento e infraestructura que es necesaria para la mercancía que se va a manipular, además de las relaciones que son precisas con los agentes implicados.

- **Subsistema de almacenamiento**

Subsistema de almacenamiento de contenedores que ocupa la mayor parte de la superficie de la terminal y cuya función es la de depósito temporal de las mercancías, adaptándose al ritmo tanto de descarga de mercancía de los buques, como al ritmo de la carga de contenedores al buque, como al tiempo medio de estancia de los contenedores en la terminal. Las dimensiones y ubicación de dicho subsistema dependen de la tipología, la forma y el tiempo de estancia la mercancía, además del volumen de tráfico, equipamiento principal y de la lógica operacional que se emplee.

- **Subsistema de recepción y entrega**

Subsistema de recepción y entrega corresponde a la interfaz existente entre la zona de almacenamiento temporal y los sistemas de transporte terrestre (carreteras y líneas férreas). Integrado por tuberías o cintas, en función de la mercancía y equipadas con aquellas instalaciones que se dispongan para facilitar la captación de alto volumen de información que en esa zona se adquiere, y por los espacios y equipos necesarios para realizar la operación con éxito.

- **Subsistema de Interconexión**

Subsistema de interconexión o transporte horizontal en una TPC se encarga del transporte horizontal de los contenedores entre los subsistemas anteriores. Comprende la solución tecnológica adoptada en cada caso para los movimientos físicos y de información que se precisan, por ello engloba tanto el equipamiento elegido para la manipulación de la mercancía como las herramientas de transmisión de la información necesaria.

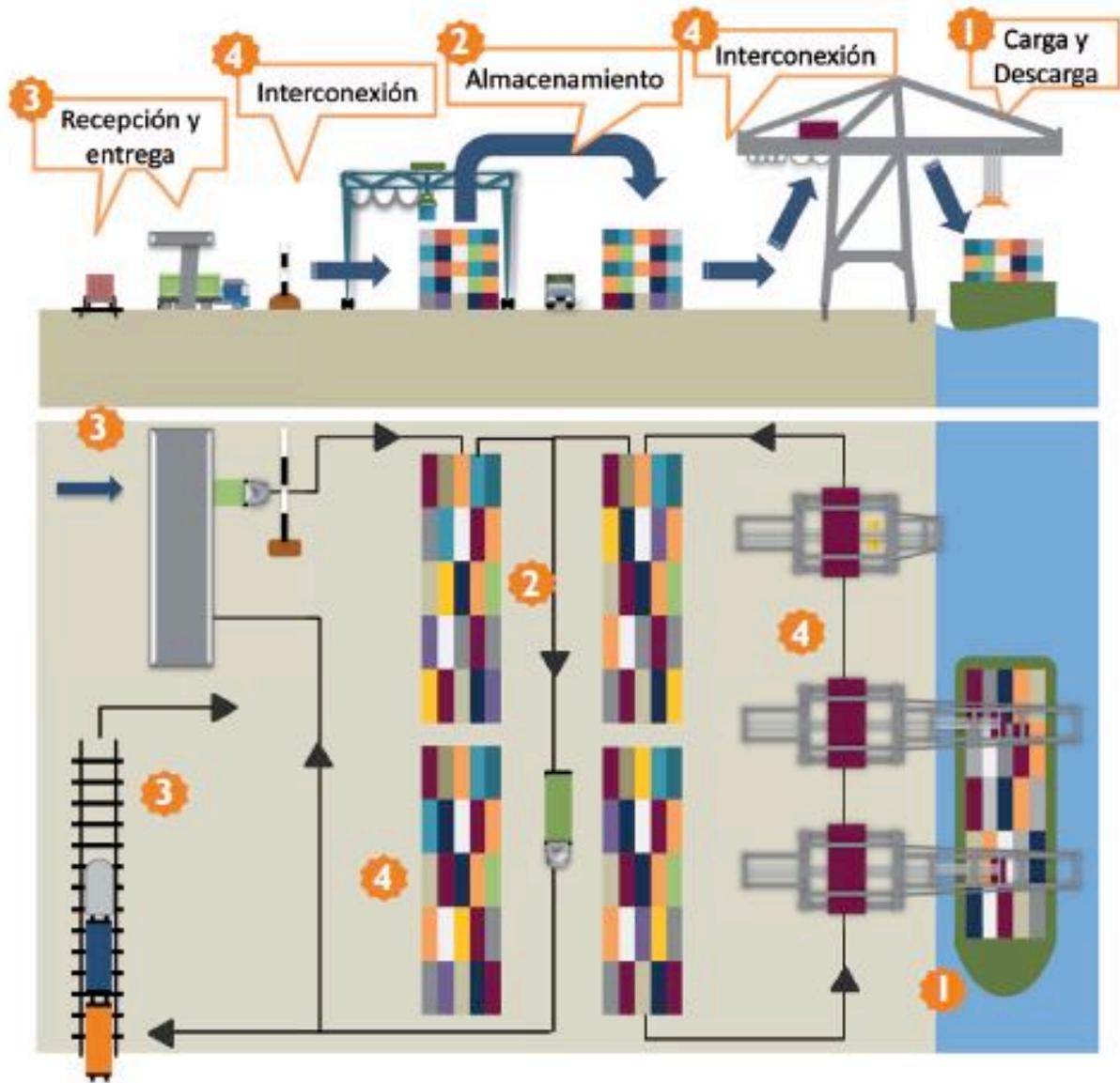


Ilustración 26. Ejemplo de subsistemas de una TPC. Fuente: Monfort et al. (2011a)

V.2. Sistemas de manipulación en TPCs

V.2.a Subsistema de carga y descarga

En dicho subsistema, el elemento principal que permite la carga y descarga de contenedores en la interfaz marítima es la grúa muelle. Gracias a la aparición e implantación del contenedor, se observó la obligación de especializar las grúas convencionales que se utilizaban anterior a dicho suceso. A pesar de que, en muchas terminales se siguen utilizando las tradicionales, las mejoras que conllevan las grúas para cargar contenedores (STS) aumentan rendimiento, precisión y seguridad en las maniobras.

Este subsistema suele ser crítico en TPC con una densidad de tráfico alta, ya que es el principal cuello de botella que determina la productividad de la terminal. Es por ello, que se necesita altos rendimientos operativos de las STS, siendo sus principales indicadores la capacidad de línea de atraque y los tiempos de duración de la operación carga/descarga del buque.

El principal mecanismo que ha hecho posible la mejora en la tecnología de grúas para cargar contenedores es el **spreader**. Se conoce como sistema elevador que conecta la carga y la grúa, y su función es enganchar y posteriormente elevar o descender los contenedores.



Ilustración 27. Spreader para grúa STS. Fuente: RAM spreaders

Estos son marcos telescópicos que se ajustan a la longitud del contenedor, agarrándolo por sus cuatro esquinas e introduciendo el sistema *twist-locks* que bloquea y sujeta el contenedor para poder manipularlo. El *spreader* no solo se ha aplicado a grúas muelle, sino también a grúas convencionales y al resto de equipos de almacenamiento de la terminal, de forma que se coloca un cabezal para adaptarlas.

Los avances tecnológicos de los *twist-locks* han permitido que sean extensibles para poder manipular contenedores de 20' y de 40', los sistemas *tándem* y *twin-lift* puedan manipular varios contenedores en una sola operación o la instalación de sensores en la estructura y *twist-locks* para poder realizar el control de las maniobras digitalmente, y por tanto, recopilar datos y permitir la automatización del sistema. Dichos avances se ampliarán posteriormente cuando se desarrollen los sistemas de automatización.



Ilustración 28. Spreader para grúa STS para manipular varios contenedores a la vez. Fuente: RAM spreaders

(1) Grúas Ship to Shore (STS)

Las grúas STS son las más utilizadas para la carga y descarga de contenedores de buques. Estas son grúas pórtico que se desplazan sobre raíles, con una pluma abatible por donde circula un carro para poder alcanzar la prolongación vertical al contenedor que se tiene que cargar, una vez llega a la posición deseada, el *spreader* desciende por unos cables hasta ubicarse sobre el contenedor y enganchar los *twist-locks*. Estos se accionan para cerrarse y bloquear al contenedor. Una vez, enganchado el contenedor, se eleva y el carrito se desplaza en horizontal hasta el punto donde se debe descender el contenedor para posicionarlo en una plataforma de interconexión de la terminal.



Ilustración 29. Grúa STS del Puerto de Valencia. Fuente: noticiaslogisticaytransporte.com

Actualmente, se están viendo obligados a avanzar en el crecimiento de las grúas debido a las nuevas dimensiones de los gigantes los buques, por tanto, se necesita disponer de plumas con mayor longitud y mayor altura que ello conlleva mayores distancias y mayores velocidades para mejorar el rendimiento. De forma que para que las grúas tengan un buen rendimiento, hay que realizar una mejora operativa, tales como las que se han llevado a cabo hasta ahora, las que se han comentado anteriormente de los *spreaders*, y además, sistemas anti-balanceo (*anti-sway*), automatización de algunas maniobras o el manejo de la grúa por control remoto de forma que se puedan aumentar las velocidades sin poner en peligro a los trabajadores.

A continuación, se muestran en la siguiente tabla las ventajas y desventajas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Alta velocidad del ciclo, productividad y seguridad	- Alto coste de inversión
- Espacio reducido entre grúas	- Rigidez: movimiento sobre raíles
	- Requiere suelos de alta capacidad portante

Tabla 14. Ventajas y desventajas de las grúas STS

(2) Grúas móviles

Las grúas móviles de muelle se utilizan para la manipulación de cualquier tipo de mercancía. Para la manipulación de contenedores se utilizan, o bien, el atado de los cuatro *twis-locks* superiores, o bien, mediante un cabezal de *spreader*, siendo este último el más utilizado en la actualidad.

Dichas grúas se utilizan, normalmente, en terminales de graneles, de mercancía general o polivalentes. Se desplazan por medio neumáticos, provocando mayor movilidad que las grúas STS, pero también se pueden instalar sobre raíles. Sin embargo, necesita mayor espacio entre grúas, ya que necesita un plano horizontal al eje del buque y del muelle para la manipulación de la mercancía. Si es cierto que, para mejorar el rendimiento en ciertos casos, se podría evitar el transporte horizontal, dependiendo del brazo de la grúa y la distancia a las pilas.



Ilustración 30. Grúa móvil portuaria. Fuente: grúas y transportes

Se debe tener en cuenta para la operación de la grúa, el izado, el giro para posicionar el contenedor en el buque desde el muelle y el descenso de la mercancía. Con todo esto, se puede observar un resumen de ventajas y desventajas de las grúas móviles:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Polivalencia y flexibilidad	- Menor rendimiento que en grúas STS
- Menos inversión que en grúas STS	- Mayor zona de maniobra
- Posibilidad de evitar la maniobra horizontal	

Tabla 15. Ventajas y desventajas de las grúas móviles

(3) Grúas de largo alcance (WSG)

Las grúas de largo alcance, también llamadas, *wide span gantry crane* son una variante de las grúas STS. En éstas, las pilas de almacenamiento comienzan entre los pilares de la grúa, evitando la maniobra horizontal y depositando los contenedores directamente en las pilas de almacenamiento.



Ilustración 31. Grúa de largo alcance (WSG). Fuente: Gottwald Port technology

Estas grúas se utilizan en puertos fluviales, ya que es más efectiva porque se opera con barcos *feeder* menores o barcazas, además de en terminales donde las zonas de almacenamiento tienen dimensiones menores respecto a otras. Por ser grúas de gran tamaño, el coste de adquisición es elevado y las cargas transmitidas al terreno también. Se muestran las ventajas e inconvenientes de las grúas WSG:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Diseño compacto	- Rigidez
- Posibilidad de evitar la maniobra horizontal	- Complejidad de expansión

Tabla 16. Ventajas y desventajas de las grúas WSG

(4) Grúas de buque

Las grúas de buque, como su nombre indica, son grúas sobre la cubierta del buque. Actualmente, no se suelen instalar en los buques portacontenedores de última generación principalmente porque reducen la capacidad de carga y almacenamiento del buque y comprometen la estabilidad de los buques. Únicamente, se utilizan en terminales dónde no se dispone de la maquinaria necesaria para las operaciones de carga y descarga.

Estas grúas realizan, del mismo modo que las convencionales, la carga/descarga de la mercancía, necesitando un amplio radio de acción, es por ello, que tienen menores rendimientos que las STS de muelle. Se muestran las ventajas y desventajas de dichas grúas:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Posibilidad de utilizar en caso de no disponer en la terminal maquinaria apta	- Menor rendimiento que las STS
	- Reducen capacidad del buque
	- Estabilidad del buque

Tabla 17. Ventajas y desventajas de las grúas de buque



Ilustración 32. Grúa de buque. Fuente: lavozdegalicia.es

V.2.b Subsistema de almacenamiento

El subsistema de almacenamiento necesita la mayor parte de la terminal de contenedores, ya que se encarga de depositar temporalmente los contenedores, y por tanto, se precisa el máximo aprovechamiento sin perjudicar a los rendimientos.

La configuración de la terminal y como consecuencia del patio de ésta, vienen condicionadas por los equipos de que se deben utilizar para operar y el espacio del que se dispone. Asimismo, todo ello condicionará la configuración en planta de la ubicación de los contenedores y altura apilable y con ello, se podrá conocer la capacidad de la terminal

A continuación, se realiza una breve explicación y muestra de los sistemas de manipulación que se pueden disponer en dicho subsistema.

(1) Plataformas

Las plataformas son elementos que se cargan los contenedores en el muelle y están remolcadas por una cabeza tractora hasta la zona de almacenamiento. Estos elementos son los primeros que se utilizaban cuando se empezó a utilizar el contenedor, ya que de esta forma facilitaban la intermodalidad con camiones. Sin embargo, actualmente, las plataformas que se utilizan en terminal no son aptas para circular por carretera y se debe hacer el cambio de plataforma de camión para poder transportarlas fuera de la terminal.

En el área de almacenamiento, se estaciona la plataforma de la misma forma que un aparcamiento de vehículos, lo que conlleva, el inconveniente de que solo se puede cargar a 1 altura sin poder apilarse, además de que es necesaria una mayor superficie para albergar mayores capacidades.



Ilustración 33. Plataformas con camiones. Fuente: APM Terminals Valencia

(2) Carretillas

Las carretillas tienen una amplia variedad, que según el tipo permite apilar los contenedores en la terminal en diferentes alturas, o también se utiliza para labores auxiliares. Por tanto, cada terminal adaptará el patio al tipo que se utilice de carretilla, ya que cada uno tiene una capacidad de carga y altura de apilamiento. No obstante, las densidades de almacenamiento que se obtienen con el manejo de carretillas son bajas, por lo que se utilizan en pequeñas terminales o como equipo auxiliar.



Ilustración 34. Carretilla elevadora para terminales portuarias. Fuente: Nauticexpo.es

La carretilla más común es la *fork-lift* que, además, se utiliza en industrias. Existen variantes de ésta, como son, elevación con *spreader* superior, frontal con enganche lateral con *spreader*, con enganche frontal o con carga lateral.

(3) Caretillas de brazo telescópico o *Reach Stackers (RS)*

La Reach Stackers es una especie de carretilla con brazo telescópico, por tanto, es un avance de las carretillas convencionales ya que es capaz de apilar a varias alturas y acceder a la columna posterior siempre que la anterior tenga una altura inferior a esta.

Cuenta con un mayor rendimiento respecto el resto de equipos ligero, no obstante, sigue siendo limitado a una altura de apilado de 3 contenedores llenos y 4 vacíos. Por tanto, la densidad de apilado es baja en comparación con otros equipos. Y otro inconveniente, es que se necesita espacios grandes, no puede circular a grandes velocidades y tiene puntos ciegos que provocan cierto grado de peligrosidad. A pesar de ello, se utilizan en terminales pequeñas y como equipamiento auxiliar en terminales grande.



Ilustración 35. Reach Stackers. Fuente: nauticexpo.es

(4) Carretillas Pórtico o *Straddle Carriers (SC)*

Las Straddle Carriers son caretillas pórtico que manipulan contenedores dentro las TPC cargando, descargando y apilando contenedores. Existen diferentes modelos con distintas capacidades de carga y que puede depositar los contenedores a distintas alturas.

Dicho vehículo móvil cuenta con la capacidad de realizar *decoupling*, que se trata de un sistema de trabajo capaz de separar las distintas operaciones de manera que no dependan unas de otras, y por tanto, se eviten los cuellos de botella. Las SCs son capaces de llevar a cabo dicho sistema, ya que pueden cargar contenedores ubicados en el suelo, pudiendo separar la carga/descarga del muelle del transporte horizontal.

En cuanto a las operaciones de almacenamiento en el patio, son aptas para apilar 2 contenedores, con excepción de algunos modelos que pueden alcanzar 4 niveles de apilamiento, en todo caso, su densidad de apilado es baja. Estas carretillas pòrtico, cuentan con la ventaja que necesitan poco espacio para maniobrar, es decir, aproximadamente 1,5 m de ancho para que circule la rueda, además de poder trabajar de forma perpendicular o paralela al muelle. Se suele utilizar en puertos con medianas terminales.

Volviendo al tema de la automatización, existen terminales que operan con este vehículo con automatización, *AutoStrads*, que pueden apilar 2 niveles de apilamiento de contenedores y no requiere operario para el transporte horizontal muelle – patio. Se puede realizar un breve resumen de las ventajas y desventajas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Espacio de maniobra menor - Forma de trabajar - Automatización: <i>AutoStrads</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Coste adquisición, consumo y mantenimiento

Tabla 18. Ventajas y desventajas de las Stradle Carrier



Ilustración 36. Straddle carrier eléctrica Fuente: KALMAR

(5) Grúas Pòrtico

Las grúas pòrtico se definen como grúas de patio en las que el *spreader* se encuentra instalado en un pòrtico, desplazándose mediante unas patas con ruedas neumáticas, raíles o sobre vigas. Éstas cargan/descargan la mercancía sobre un transporte horizontal de la terminal o sobre camiones.

Estas grúas tienen mayor capacidad de carga que el resto de equipos, de la misma forma, tienen un aprovechamiento mayor del patio del que disponen, ay que puedes apilar mayores alturas de contenedores. También cuentan con grandes posibilidades de automatización, por lo que actualmente, se utiliza este tipo de grúas para las terminales de contenedores automatizadas.

Existen diferentes tipos según el sistema de traslación de las grúas:

- **RTG – Rubber Tyred Gantry Cranes**

Las RTG son grúas pórtico sobre ruedas reumáticas que están propulsadas por motores diésel, pero poco a poco se están sustituyendo por fuente eléctrica. Estas ruedas siguen una trayectoria rectilínea ubicadas en zonas de la terminal donde pueden hacer giros con seguridad.

Con estas grúas, el patio cuenta con una distribución de almacenamiento de bloques paralelos la línea de muelle permitiendo la circulación de los equipos de interconexión mediante carriles entre bloques. En terminales de puertos europeos, suelen contar con bloques de 6 contenedores de ancho y alturas de 3 o 4 contenedores apilados, sin embargo, los asiáticos pueden llegar hasta apilar 7 contenedores. En algunas terminales estos equipos se utilizan para contenedores llenos dejando los vacíos para otros equipos por el gasto energético que provocan.

A pesar de que existe la posibilidad automatizar completamente las RTGs, en la actualidad no existe ninguna terminal que o haya hecho, si es cierto que han automatizado algunas características o se han combinado con las RMGs para las operaciones. Es probable que dicha combinación se realice por la sensación de seguridad operativa que dan la RMGs por disponer de menores grados de libertad.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Buen rendimiento - Buen aprovechamiento de patio - Adaptabilidad a la terminal 	<ul style="list-style-type: none"> - Coste adquisición, consumo y mantenimiento

Tabla 19. Ventajas y desventajas de las RTG



Ilustración 37. RTG Fuente: gospodarkamorska

- **RMG – Rail Mounted Gantry Cranes**

Las RMGs son parecidas a las RTGs con una diferencia que éstas se desplazan sobre raíles. Se utilizan habitualmente por la eficiencia y el control, pudiendo alcanzar hasta el doble de la velocidad de las RTGs. Gracias a la facilidad de transportarse sobre raíles, la automatización de dichas grúas lleva más de 20 años y son conocidas como las ASC (*Automated Stacking Cranes*). No obstante, tiene inconvenientes

como muy poca flexibilidad en cuanto a la organización del patio y que transmite mayores cargas al terreno debido a su peso y tamaño.

Dado que las RMGs tienen poca flexibilidad, limitan la organización de la zona de almacenamiento. Esta formada por pilas perpendiculares al muelle, permitiendo que los vehículos de transporte horizontal y los de recepción y entrega no se crucen, de forma que se divide en dos zonas: extremo de pilas más cercano al muelle para los vehículos de transporte horizontal y el más alejado para los medios de recepción y entrega. Por otro lado, las pilas suelen ser bloques de entre 6 a 10-12 contenedores de ancho y alturas de 4-5 contenedores en puertos europeos y mayores alturas en asiáticos.

A modo de resumen, se muestra una tabla con las ventajas y desventajas de dicha grúa.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Buen rendimiento	- Coste adquisición
- Gran capacidad operativa	- Instalación de raíles
- Posibilidad de automatización completa	

Tabla 20. Ventajas y desventajas de las RTG

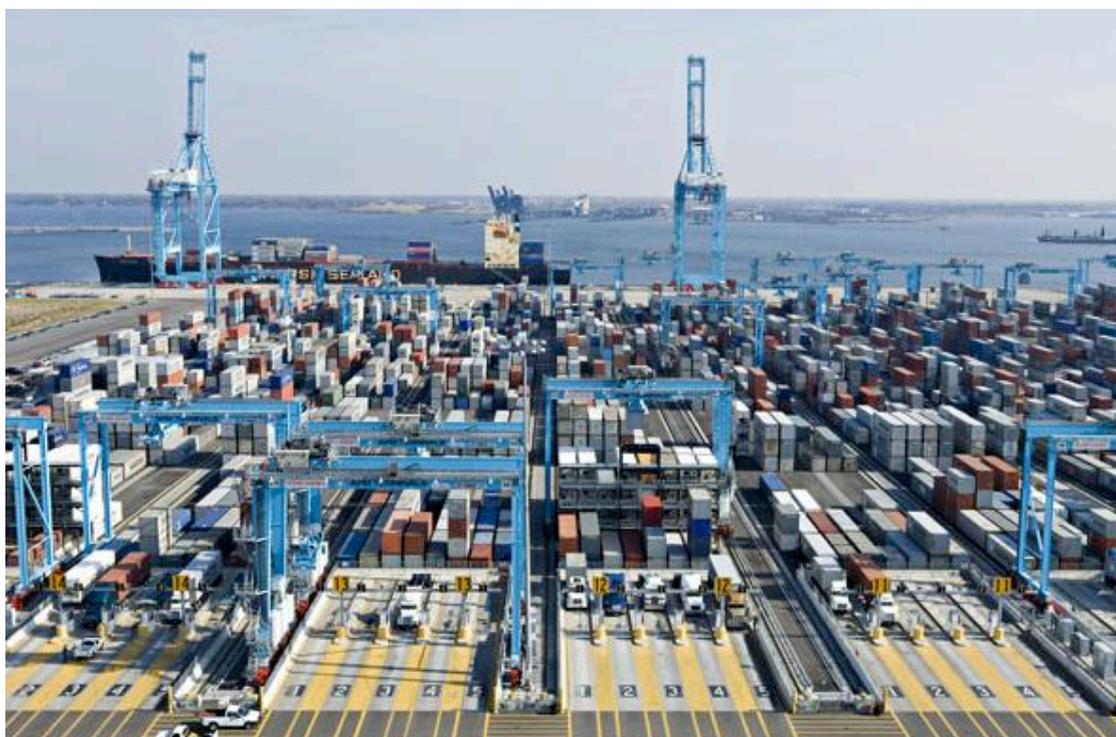


Ilustración 38. RMG, APM Terminals en Virginia. Fuente: joc.com

- OHBC – Over Head Bridge Crane

Las OHBC son grúas pórtico instaladas sobre vigas. Tienen gran capacidad de apilamiento y movimiento de los equipos, esto provoca que se tenga que realizar un gran número de remociones, y por tanto disminuye la velocidad tanto de desplazamiento como de operación. Además, el coste de inversión es enorme y tiene una gran complejidad estructural. Por todo ello, se desecha la opción de este tipo de grúas móviles.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Capacidad de apilado	- Coste construcción y mantenimiento
- Aprovechamiento del patio	- Rigidez

- Elevado numero de remociones conlleva menor rendimiento

Tabla 21. Ventajas y desventajas de las OHBC



Ilustración 39. OHBC en el puerto de Pasir Panjang (Singapur). Fuente: megaconstrucciones

V.2.c Subsistema de recepción y entrega

Como ya se ha comentado anteriormente, el subsistema de recepción y entrega transfiere los contenedores desde la terminal al medio de transporte externo o viceversa. Se consideran dos opciones:

(1) Camión por carretera

El transporte por carretera con camión es el más utilizado, puesto que las cabezas tractoras pueden llegar a transportar un contenedor de 40' o dos de 20' en un único trayecto. Actualmente, el intercambio de documentación se realiza telemáticamente con la plataforma *Port Community System* por ejemplo, si bien, algunas compañías lo realizan en papel y s debe realizar de forma individual de cada contenedor.

La plataforma *Port Community System* cuenta con todos los datos de los puertos que realizar intercambio de mercancía, y de esta forma los conductores únicamente aportan un localizador alfanumérico o un código de barras, con el que poder realizar la salida y entrada de contenedores en las puertas de las puertas de la terminal.

Existen dos tipos de recepción y entrega de la mercancía, uno es permitiendo el tráfico interno lo que limita la seguridad y la posible saturación de circulación interna, y la otra es que existen diferentes áreas para los distintos subsistemas, en las que se puede operar con seguridad y eficiencia aceptable.

(2) Ferrocarril

El ferrocarril tiene la posibilidad de transportar varios contenedores en un solo viaje. Las estaciones de ferrocarril en un puerto suelen estar en el extremo más alejado del muelle, debido al espacio que se necesita para cargar todos los contenedores.

Algunas terminales cuentan con grúas pórtico similares a las RMG con un *spreader* capaz de girar sobre su eje para poder cargar los contenedores en la posición adecuada en el tren. Existen otros puertos que utilizan las carretillas como las *reach stacker* o las *side loader* ya que no requiere de una gran inversión porque se utiliza equipo de patio de la zona de almacenamiento, no obstante, la carga es más compleja y menos eficiente.

Sin embargo, para la modernización de los puertos, cara a la automatización de las terminales, la opción más viable es la utilización de grúas móviles RMG.

V.2.d Subsistema de interconexión

El subsistema de interconexión tiene como función la de conectar el resto de subsistemas, es decir, muelle y patio cuando las grúas muelle no se encarga de apilar los contenedores en la zona de almacenamiento y patio sistemas de recepción y entrega. Otras funciones son las de traslado de contenedores a zonas de inspección, reparación o trasvase de mercancías.

Es cierto, que dichas funciones se pueden realizar por equipos de almacenamiento que están diseñadas para ambas funciones como carretillas, RS o SC. No obstante, las carretillas y las RC tienen un rendimiento muy bajo para operar respecto a otros equipos.

Otro equipo, cada vez más utilizado en la interconexión entre muelle y patio es el **Shuttle Carrier (ShC)**, que se asemeja al SC pero con menores dimensiones y capacidad de apilado es de 2 alturas apiladas. Cuenta con una agilidad y velocidad suficiente para trabajar en una terminal y competir con la plataforma + cabeza tractora que son los que se utilizan en la mayoría de puertos y que se describen a continuación:

El **conjunto de plataforma + cabeza tractora** es el más utilizado en TPC, normalmente en España se llama *mafi* (es una marca comercial). Esta combinación es, únicamente, para desplazamientos en terminal ya que no cumplen con las especificaciones técnicas para circular por carretera.



Ilustración 40. Cabezas tractoras + plataforma trabajando en el puerto de Pasir Panjang (Singapur). Fuente: megaconstrucciones

El contenedor se deposita en la plataforma por los equipos de carga y se transporta para ser cargado por otro equipo en la zona de almacenamiento. Este sistema ha ido evolucionando con los años como, por ejemplo,

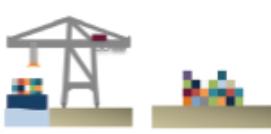
sistemas multiplataforma, de forma que la cabeza tractora puede relevar más de una plataforma, o la plataforma soporta más de un contenedor, o con mejoras tecnológicas tanto en potencia, dirección y automatización de estos equipos. Sin embargo, se produce una baja productividad cuando estos van vacíos.

A continuación, se muestran las ventajas e inconvenientes de esta combinación de plataforma + cabeza tractora.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Uso popular y extendido	- Baja productividad en viajes "de vacío"
- Inversión económica inicial pequeña	

Tabla 22. Ventajas y desventajas del sistema plataforma + cabeza tractora

Por último, se puede observar una tabla resumen de los equipos de interconexión utilizados en función de los equipos de patio para cada uno de los movimientos.

EQUIPO DE PATIO				OTROS MOVIMIENTOS
	Muelle ↔ Patio	Patio ↔ R/E Camiones	Patio ↔ R/E Ferrocarril	
CARREILLAS	T+P o Carretillas	Carretillas	Carretillas	Carretillas y/o T+P
SCs	SC	SC	Carretillas	SC o Carretillas
RTG	T+P	RTG	RTG y T+P con carretillas o RTG/RMG en R/E fcc	Carretillas o T+P
RMG	T+P o Shuttle carrier	RMG	RMG y T+P con carretillas o RTG/RMG en R/E fcc	Carretillas y/o T+P
ASC	AGV o Shuttle carrier o T+P	ASC	ASC y ShC o T+P con carretillas o RTG/RMG en R/E fcc	Carretillas

T+P: sistema de tractor más plataforma
R/E: Recepción y entrega

Ilustración 41. Equipos de interconexión entre los distintos subsistemas en función del equipo de patio. Fuente: Monfort et al (2001a)

06

*Proyecto operativo de
una TPCA*

VI. PROYECTO OPERATIVO DE UNA TPCA

VI.1. Simulación de una TPCA

Se va a proceder a la simulación de una terminal portuaria de contenedores automatizada (TPCA) puesto que es un punto básico para el proceso de una nueva terminal, ya que es fundamental definir correctamente la automatización para lograr beneficios como son la disminución de espacio, ahorro en la mano de obra y aumento de la producción en comparación con las TPC. De modo que, si existen errores en la automatización como, por ejemplo, el bajo rendimiento en la totalidad de la terminal, problemas con la manipulación por la disminución de la mano de obra por no integrar los elementos adecuadamente, entre otros. Con el fin de conseguir la mejor automatización para la futura terminal, los elementos se definen en tres fases:

- Fase de simulación de forma individual de cada equipo
- Fase de simulación de más de un equipo conjunto, con el fin de observar cómo interactúan
- Fase de integración y funcionamiento del conjunto general

Según *Ivo Saanen, 2004*, uno de los mayores expertos en cuanto a la automatización de terminales, define los pasos para alcanzar el éxito en la implantación de las TPCA. Se indican de forma resumida los pasos que se deben llevar a cabo:

- Diseño funcional de la terminal y sus equipos
- Diseño de detalle técnico de los equipos
- Implementación del sistema de forma individualizada y en conjunto
- Pruebas, operaciones y seguimiento

Que, como consecuencia de este proceso, conllevaría a:

- Definir la función de la terminal, capacidad de manipulación de los contenedores en carga/descarga y del patio. Además de los servicios totales que puede aportar la TPCA
- Diseñar los elementos principales de la terminal como son la longitud del muelle, geometría de la terminal, dimensiones del patio y el control logístico los contenedores.
- Definir el equipo y el sistema de control de procesos.

Por tanto, tanto el esquema de trabajo como el de beneficio que dicha simulación debería aportar son los siguientes:

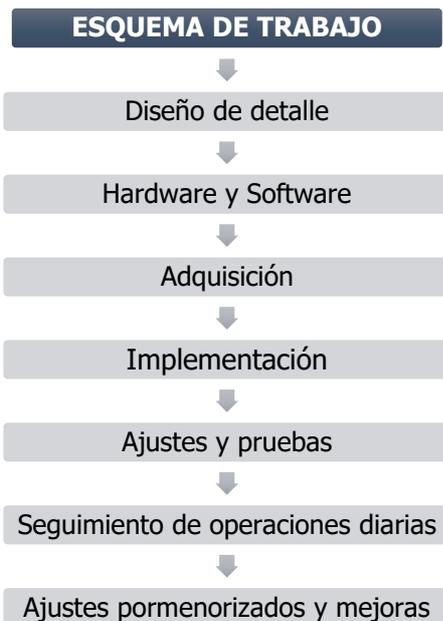


Tabla 23. Esquema de trabajo

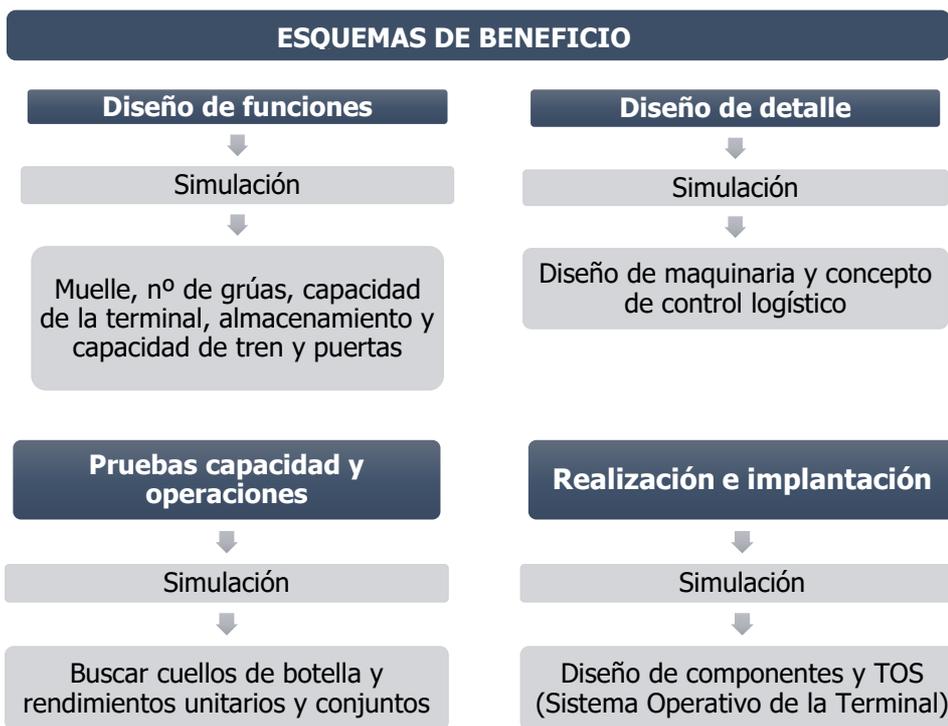


Tabla 24. Esquemas de Beneficio

Se tiene que tener especial atención en el Sistema Operativo de la Terminal ya que es el elemento más importante para el éxito de la terminal. Por ello, con la simulación se trata de intentar conseguir una visión futura de la terminal y prever fallos de ésta.

VI.2. Proceso de definición de la TPCA

El proceso que se debe seguir para definir una terminal de contenedores automatizada es el siguiente:

1. Diseño de Funciones
2. Diseño de Detalles
3. Implantación y Construcción
4. Pruebas y operaciones

Diseño de Funciones

Después de un análisis de las necesidades de la terminal y los factores que afectan como como son el área, entorno, condiciones climatológicas, etc. se desarrollan las actividades funcionales. Además, se diseña el sistema general de la terminal, el sistema logístico de control y el de manipulación.

En primer lugar, se crearán varios escenarios en función del volumen de salida esperado y con esto se definirán los sistemas de manipulación y la capacidad de almacenaje. Mediante la simulación y asumiendo la longitud del muelle, se definirán la superficie y capacidad del patio, capacidad de las grúas de carga/descarga del muelle y las de la zona de almacenaje.

Uno de los factores más determinantes, es la longitud del muelle, que para el diseño se considera tramos de 250-300 m que es equivalente a un atraque. Por ello, se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- Dimensiones de buques presentes y futuros que van a operar en la terminal
- Dimensiones y número de contenedores por buque esperados
- Regularidad de buque
- Distribución de buques
- Capacidad de descarga esperada en el muelle

Por otro lado, se evitará la ocupación máxima del muelle, evitando de esta forma la congestión y demoras de los buques que alteraría la evolución de las futuras operaciones.

Otras cuestiones importantes que se deben considerar son las siguientes:

- Relación de la longitud del muelle con la ocupación de este. Se consideran las cifras de ocupación permisibles de *Watanabe 2001* y *Welsing 2000*, si se sigue la siguiente regla:
 - 1-2 atraques, se considera una ocupación máxima del muelle del 50-60%
 - 3 atraques, se considera una ocupación máxima del muelle del 60%
 - 4 atraques, se considera una ocupación máxima del muelle del 70%
- Capacidad de Carga/Descarga, que depende de:
 - Número de grúas
 - Capacidad de las grúas

- Número de horas/año de trabajo de las grúas
- Capacidad del patio que depende de:
 - % de transbordo
 - Estancia de los contenedores
 - Tipos de contenedores
 - Fluctuaciones estacionales, semanales y diarias
 - Servicios auxiliares que puedan afectar a las dimensiones del patio
- Capacidad de la terminal (lado tierra), que depende de:
 - Entradas/salidas del exterior
 - Tipos de transporte terrestre y capacidad de estos
 - Frecuencias horarias de entrada/salida
 - Fluctuaciones estacionales, semanales y diarias de entradas/salidas
 - Diseño de la puerta terrestre

Diseño de Detalles

Se diseñan minuciosamente cada unidad operativa, permitiendo la fabricación individual. En esta fase se definen en detalle los siguientes elementos:

- Áreas y zonas específicas con las infraestructuras necesarias
- Equipos como grúas, sistema de transporte, sistemas de manipulación de lado tierra
- Puerta terrestre, talleres, oficinas, etc
- Sistema de Operaciones de la Terminal (TOS) en general y el planificado para cada elemento que la compone
- Sistema de comunicaciones, tanto los externos e internos entre equipos como los de los equipos con el TOS

Para el diseño, se simulará el conjunto de los equipos comprobando la interconexión de cada sistema con el anterior y posterior, de modo que se modificarán parámetros con el fin de encontrar la forma más ventajosa.

Implantación y Construcción

Ya establecidos los parámetros para cada elemento, se pone en funcionamiento el *software* de los equipos y el TOS. La implantación del *software* en TPCA implica la innovación de las aplicaciones informáticas implantadas, es por ello, que probablemente se deba reconsiderar el diseño elegido en la fase anterior mediante un proceso de iteraciones. Para implantar el diseño más adecuado, se realizarán simulaciones con el fin de encontrar posibles fallos del Sistema de Operaciones de la terminal.

En esta fase, quedarán diseñadas y desarrolladas la parte técnica y funcional de los equipos de *hardware* y los programas de software, realizando comprobaciones de la productividad del sistema en su conjunto.

Pruebas y Operaciones

En la última fase, se realizarán las pruebas finales en la TPCA, y posteriormente para mejorar el rendimiento se realizarán:

- Ajustes finos para mejorar la productividad
- Test de simulaciones para soporte de decisiones en tiempo real
- Test simulado de fallos para anticiparse a estos, si ocurriese en a realidad
- Simulaciones para demostración y entrenamiento del personal
- Apoyo a las operaciones mediante la planificación del muelle y patio, asignación de grúas, etc. Para evitar problemas

Por último, para definir la automatización correcta de la terminal se realizará un proceso de emulación. Dicho proceso consiste en poner a prueba el TOS con los datos reales de funcionamiento de cada uno de los sistemas de la terminal, comprobando:

- En primer lugar, la interconexión del TOS con cada sistema y realizando los ajustes necesarios
- En segundo lugar, se realizarán las pruebas de simulación para el ajuste de cada sistema con el resto que que se conecte
- Por último, la compatibilidad total de los sistemas como conjuntos con el Tos en fases de corto, medio y largo plazo.

De forma que se entienda la complejidad de TPCA, a continuación, se muestran las relaciones de los sistemas con el Sistema Operativo de la terminal, tanto para una TPCC como TPCA.

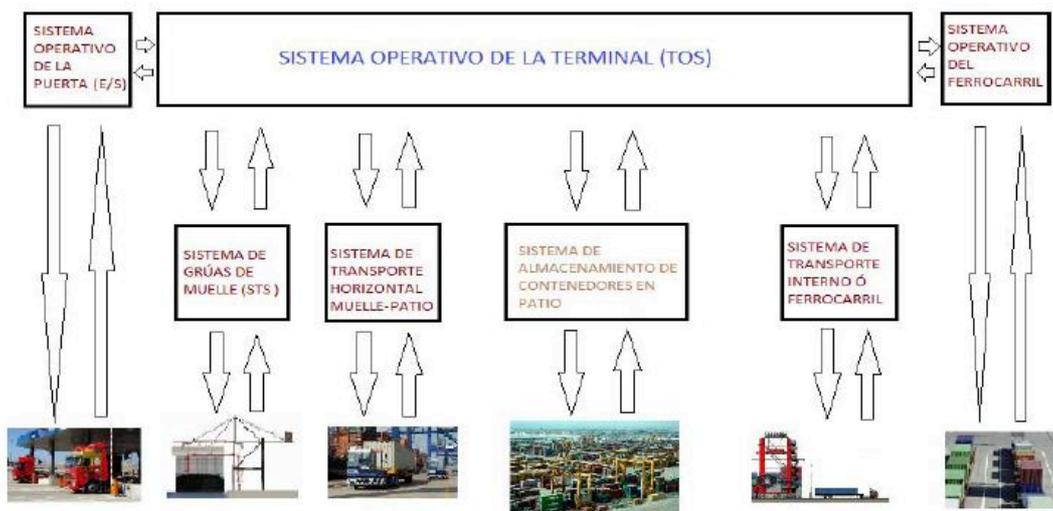


Ilustración 42. Relaciones del TOS en una TCC. Fuente: Tesis Doctoral Gabriel Fernández Rubio (2012)

En las TCC, el TOS recoge la información de los diferentes sistemas, la analiza y manda órdenes, siendo este el órgano director de la operativa. No obstante, el TOS únicamente organiza, pero es independiente del funcionamiento físico de los sistemas, esta configurado para regular el almacenamiento de contenedores e informar de las operaciones de la terminal



Ilustración 43. Relaciones del TOS en una TCA. Fuente: Tesis Doctoral Gabriel Fernández Rubio (2012)

En las TPCA, todos los sistemas están automatizados, excepto las grúas de muelle que únicamente sigue las instrucciones del TOS y la recepción/entrega de camiones en la puerta terrestre está semi-automatizada, por seguridad.

VI.3. Condicionantes de una TPCA

Para poder alcanzar cierto grado de automatización en una terminal de contenedores de un puerto, deben existir un conjunto de condiciones naturales, una muy importante es la situación geográfica.

Dado que la implantación de una TPCA implica una inversión con un alto coste, el puerto debe tener la capacidad suficiente para mantener un alto tráfico de contenedores durante un tiempo prolongado con el fin de amortizar la inversión con su actividad. El ritmo de crecimiento de volumen del puerto de Cartagena ha aumentado en la última década. Así mismo, con la ampliación del puerto con la nueva TPCA se pretende captar nuevos tráficos, puesto que la zona donde se situará la terminal puede acoger mayor número de buques.

Es imprescindible que el puerto cuente con un área de influencia o *hinterland* extenso, garantizando el mantenimiento del flujo de mercancías y tráfico del puerto. Por tanto, se debe buscar la expansión de sus límites de influencia, en empresas e industrias que se salgan de su entorno más próximo para que entregar o recibir la mercancía a través del puerto. Cartagena, como se ha nombrado en otros apartados, por su ubicación es más ventajoso tanto en las rutas que conectan Asia con el norte de Europa como en las que conectan el Mediterráneo con el Oeste de África, siendo la primera ruta de ellas la principal fuente de alimento de los puertos del Mediterráneo. Además, puesto que el Puerto de Algeciras se encarga mayormente de la mercancía de transbordo, el *hinterland* de puerto de Cartagena se podría extender hacia la provincia de Andalucía.

Las características técnicas tienen una continua evolución en el tamaño de los buques que como consecuencia implica un mayor calado, obligando al puerto que disponga de suficiente calado. En la dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena, donde se ubicará la nueva TPCA cuenta con un calado de 26 m, condición que permite acoger a buques de mayores dimensiones.

Queda añadir la importancia de la conectividad del área de influencia y la logística que hace referencia al transporte intermodal siendo un punto clave para la evolución del puerto. Es por ello, que conviene contar con las mejores conexiones terrestres, tanto por carretera como ferrocarril. El transporte por carretera siempre ha sido el principal modo de transporte por carretera y se ha tenido en cuenta para cualquier diseño de un puerto,

sin embargo, con el ferrocarril no ha ocurrido lo mismo, siendo esto un error ya que ofrece muchas ventajas frente a la carretera que todavía están por explotar, convirtiéndolo, en un futuro próximo, en un medio de transporte esencial para el transporte de mercancía en grandes distancias. Las plataformas logísticas intermodales, cuya función es la de promover, ejecutar y explotar las Zonas de Actividades Logísticas (ZAL) del puerto, y de esta forma se logra complementar la oferta global de servicios de un puerto, así como cerciorar la continuidad de la cadena logística. Sin olvidar, de adaptar la oferta de los espacios y servicios del puerto a las necesidades de los clientes.

Por último, es fundamental el compromiso de la Autoridad Portuaria del puerto en cuestión con la automatización de la terminal. La AP debe estar interesada y volcada en las tecnologías de información y los nuevos sistemas logísticos, buscando nuevas formas de almacenamiento con el objetivo primordial: aumentar la cuota de mercado del puerto. Sin olvidar, que se debe hacer valer su autoridad frente a los estibadores, ya que la futura automatización supondrá una reducción de personal.

Para concluir, se realiza un resumen de las características que hay que tener en cuenta dentro de los criterios de selección, para la construcción de una nueva terminal de contenedor, con el fin de que el puerto en cuestión sea el seleccionado por un mayor número de industrias/empresas para operar, y de este modo, aumentar la cuota de mercado. Las características son las siguientes:

- Situación geográfica
- Infraestructuras del puerto: calados, mareas, acceso terrestre y marítimo, restricciones de navegación en la dársena, etc.
- Infraestructura de la terminal: longitud del muelle, número de grúas y su productividad, capacidad del almacenamiento, etc.
- Conexiones: *Hinterland* del puerto, intermodalidad, conexión con carretera y ferrocarril, etc.
- Coste: coste de almacenamiento de mercancía, coste de manipulación de mercancía, costes logísticos, etc.
- Eficiencia del puerto: rendimientos de maquinaria, esperas de cola, días de trabajo al año, mano de obra especializada, etc.

VI.4.Comparativa de TPCA según la distribución del patio de contenedores

Un factor importante en la automatización de una terminal es la distribución de contenedores en el patio. Se pueden distinguir dos disposiciones de patio en función del tipo de orientación de los bloques:

- Orientación horizontal o paralela al muelle
- Orientación vertical o perpendicular al muelle

VI.4.a Disposición de patio horizontal o paralela del muelle

La disposición de los contenedores paralela al muelle es característica en las terminales convencionales de contenedores, donde estos son manipulados mediante grúas RTG o RMG en el patio de contenedores. En las

TPCA, se transportan los contenedores desde el muelle hasta el patio de contenedores mediante equipos de transporte horizontal. Los bloques de contenedores son manipulados mediante ASC, que permiten mover contenedores a lo largo de los bloques. La operativa de las TPCA con disposición horizontal del patio es la siguiente:

1. Las grúas de muelle descargan los contenedores sobre los vehículos automatizados AGV o los dejan en el suelo para ser recogidos por los ALV
2. Estos vehículos automatizados llevan los contenedores hasta las distintas zonas del patio donde las grúas ASC los descargan de forma automática, y éstas ubicadas en el patio del bloque correspondiente los colocan en las pilas.
3. Una vez los contenedores estén colocados en las pilas, las ASC, dirigidas por control remoto, cargan los camiones.

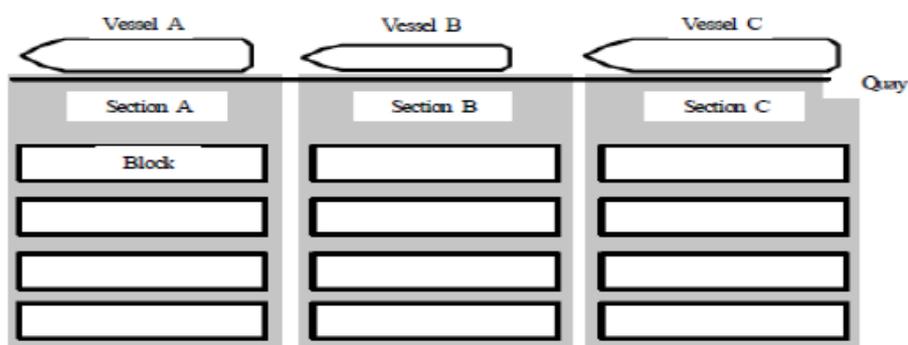


Ilustración 44. Disposición paralela u horizontal del patio. Fuente: Korea Maritime Institute (2000)

La ilustración anterior muestra el esquema de dicha disposición, siendo esta la opción idónea para el caso en el que predominan los contenedores de transbordo frente a los de *import/export*, ya que existe una gran versatilidad a la hora de escoger el bloque y el lado de carga/descarga debido a que dos de los cuatro lados de los bloques son accesibles desde el muelle al ser ubicados en paralelo a este.

VI.4.b Disposición vertical o perpendicular del muelle

La disposición de los contenedores perpendicular al muelle es la comúnmente utilizada en terminales automatizadas en Europa. Se diferencian dos zonas: lado mar, donde se ubican las grúas muelle y los equipos de interconexión, y el lado tierra, más alejada del muelle, donde se realiza el intercambio con los camiones. La operativa de la TPCA con disposición vertical del patio, es la siguiente:

1. Las grúas de muelle descargan los contenedores sobre los vehículos automatizados AGV o los dejan en el suelo para ser recogidos por los ALV
2. Estos vehículos automatizados llevan los contenedores hasta la zona de transferencia con el patio (lado mar), donde las grúas ASC cargan los contenedores para colocarlo en su posición final dentro del bloque de almacenamiento
3. Los ASC cargan los camiones de forma semiautomática en el lado tierra

A continuación, se muestra un esquema de la disposición perpendicular del patio.

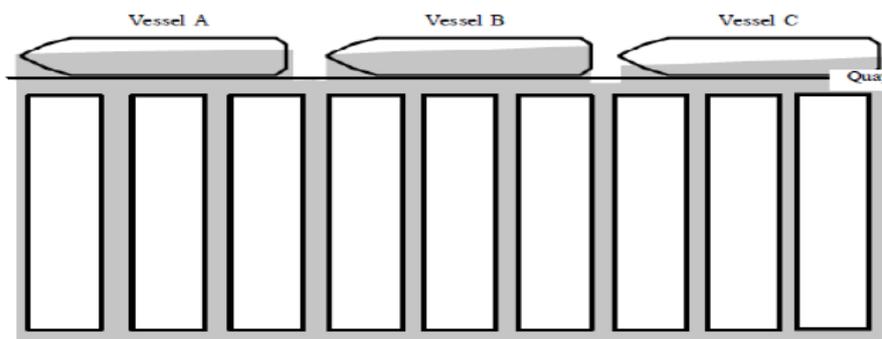


Ilustración 45. Disposición vertical o perpendicular del patio. Fuente: Korea Maritime Institute (2000)

VI.4.c Ventajas e inconvenientes de las disposiciones paralela y perpendicular

Se procede a describir las ventajas e inconvenientes de los dos tipos de orientación de una terminal de contenedores automatizada que se ha explicado anteriormente.

Disposición paralela al muelle

Ventajas

- No existen problemas de congestión, puesto que el flujo de tráfico está a lo largo de la terminal, por tanto, la efectividad en el transporte puede ser muy alta
- Tiene mayor flexibilidad, puesto que es posible el tráfico a ambos lados del patio
- La longitud de los bloques no está limitada por la terminal
- Las reparaciones del sistema no obstaculizan el funcionamiento de la terminal

Inconvenientes

- Los flujos se desarrollan a lo largo de toda la terminal, y como consecuencia el proceso de automatizar tiene gran longitud y aumenta su coste

Disposición perpendicular al muelle

Ventajas

- Es conocido en otras terminales de Europa, por tanto, la correcta automatización de las AGV y la integración de las AGV y ASC en dicho sistema se ha probado desde hace años
- Las trayectorias de los AGV y ALV (vehículos de transporte horizontal) están definidas y su flujo centrado en un espacio prefijado
- Las dos zonas, lado tierra y lado mar, están claramente separadas
- La zona donde se realiza la recepción/entrega de/a las ASC a/de los camiones está prefijada en la terminal

Inconvenientes

- La zona donde se opera debe contar con una superficie suficiente para que funcione correctamente el subsistema de interconexión y puedan maniobrar los equipos de transporte
- Según como se realicen los trabajos de manipulación de la mercancía dependerá la productividad de las grúas
- Sistema poco flexible, con dificultad de incorporar cambios
- Las reparaciones afectan al sistema cuando está trabajando

VI.5.Equipos presentes en una TPCA

Se procede a definir las automatizaciones que existen para las terminales de contenedores. Los subsistemas con mayor número de equipos automatizados son los de almacenamiento e interconexión, no obstante, cada vez se están uniendo a dicha evolución el resto de subsistemas.

VI.5.a Equipos de muelle

(1) Sistema de amarre automático – Shore based

Destacan los novedosos sistemas de amarre automatizados por vacío, son los *MoorMaster* creados por la empresa *Cavotec*. Dichos amarres eliminan la necesidad de cuerdas de amarre con ventosas de vacío automatizadas que amarran las embarcaciones en 30 segundos y las desamarran en de 10 segundos. Capaz de atracar los buques Super Post-Panamax con capacidad de 19.200 TEUs, permitiendo emprender las operaciones de carga con mayor rapidez.



Ilustración 46. Vista desde el lado mar. Sistema de amarre automático en el Puerto de Narvik (Noruega). Fuente: Cavotec

Dicho dispositivo es capaz de reconocer las toneladas brutas del buque, el calado y las condiciones climatológicas tanto el viento como el oleaje, siendo imprescindible para realizar un buen atraque. Además, los paneles son capaces de absorber y contrarrestar las fuerzas que aparecen durante el atraque y una vez atracado.

El sistema mejora drásticamente la seguridad y eficiencia operativa, optimizando la interfaz buque-tierra, y en muchos casos, favorece el ahorro del coste de infraestructuras en los puertos. El accionamiento del amarre

se efectúa de forma muy sencilla pudiéndolo activar desde cualquier lugar, tanto el capitán desde el propio barco como los empleados desde la oficina.

Cabe destacar la reducción de la inversión de infraestructuras, puesto que existe un mayor aprovechamiento del muelle al reducir la separación de los buques ya que no se necesitan cabos de amarre, y la ampliación “virtual” de la longitud del muelle dado que la proa de los buques puede sobresalir del extremo del muelle.

La relación de dicho sistema de amarre con la operativa es evidente. Como se mantiene la embarcación más estática cuando se encuentra atracada, disminuye el grado de libertad de movimientos del mismo, por tanto, mejor de forma significativa la fiabilidad de los sistemas de posicionado, incrementando las posibilidades de automatización de las grúas pórtico.



Ilustración 47. Vista desde el lado tierra. Sistema de amarre automático en el Puerto Salalah, muelle 1 (Omán). Fuente: Cavotec

(2) Grúas muelle

Las grúas muelle que se utilizan para la operación de carga y descarga de los buques se definen en el apartado V.2.a Subsistema de carga y descarga, donde se concluye que las grúas que se emplean normalmente son las grúas pórtico, Ship To Shore, guiadas por carriles en su base y se encuentran dotadas de tres movimientos: longitudinal, transversal e izar/arrizar contenedores.



Ilustración 48. Grúas pórtico (STS) para contenedores Post-Panamax. Fuente: naticexpo

Existen dos tipos de clasificaciones: según la forma en la que se retira la pluma que se han explicado en el apartado que se ha nombrado anteriormente. Y la segunda clasificación, atiende a las dimensiones de alcance que, dependiendo de la elección de la grúa, se podrán atender unos buques u otros. En España, las *Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM 2.0-11)* pauta algunas de las características geométricas de cada uno de los tipos que existen: Feeder, Panamax, Post Panamax, Super Post Panamax, SuezPanamax y Malacamax.

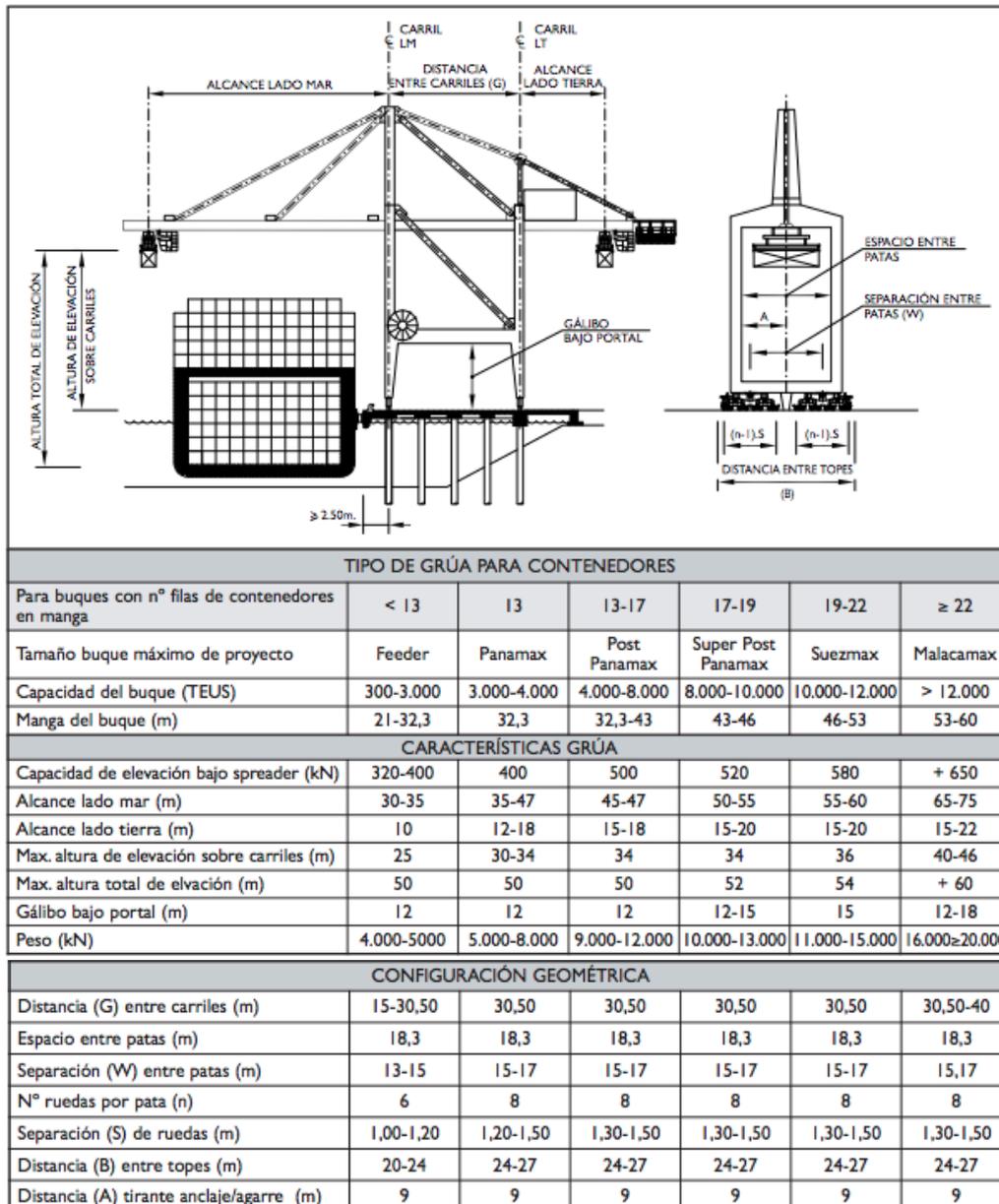


Ilustración 49. Características de las grúas sobre carriles. Fuente: ROM 0.2-11

La evolución de dicha grúa, en términos de automatización, ha ido encaminada por la automatización menores, de forma que se vaya abriendo camino hacia la automatización completa de la grúa. La empresa **ABB** ha estado durante años invirtiendo en el sector con el fin de desarrollar aplicaciones de automatización que puedan implementarse en las grúas. Esta empresa ofrece una serie de productos **ABB STS** que se pueden combinar obteniendo la solución más adecuada de automatización para cada terminal, que se muestran a continuación:

- **ELECTRONIC LOAD CONTROL – ELC**

ELC es el sistema el cual calcula la trayectoria más óptima del *spreader*, combinándose normalmente con dos sistemas: sway control y posicionamiento de carga.

- **SWAY CONTROL**

Sway Control se trata de sistemas automáticos cuya función es minimizar los movimientos pendulares producidos como resultado de oscilaciones durante el izado de los contenedores.

- **POSICIONAMIENTO DE CARGA**

Se instala una cámara en el *trolley* que se encarga de mandar la situación exacta del contenedor al sistema de control.

- **SKEW CONTROL**

Skew Control son sistemas electrónicos que controlan la oblicuidad, es decir, posibles inclinaciones, giros y/o balanceos, que se pueden producir al alinear el *spreader* cargado con el sistema de interconexión o contenedor. Por ello, ajustan hidráulicamente la longitud de cada cable que sujeta al *trolley*.

- **SHIP PROFILING SYSTEM – SPS**

SPS es un dispositivo que se basa en la tecnología base que permite dibujar continuamente el perfil de los contenedores del buque, mejorando de esta forma el sistema de seguridad del ciclo/descarga.

El funcionamiento del equipo de la empresa ABB, es el siguiente: la primera vez que el *spreader* iza y se sitúa a bordo del buque, el programa toma datos de la altura del buque y dimensiones de la carga que se trasladan a la pantalla del operador de la grúa. En cada movimiento de carga/descarga, el perfil del buque se modifica a tiempo real, comparando el escaneo del movimiento anterior con el siguiente. En caso de que el sistema detectara algún error, lanzaría una alarma al panel de control para que el operador pudiese revisarlo o desactivarlo.

En el ámbito de las automatizaciones mayores prevalece el control remoto de la operativa de grúas. Que realmente es considerada una semiautomatización, ya que los gruistas desde la sala de control, controlan la grúa al procesar la información que las interfaces de automatizaciones menores proporcionan. El control remoto garantiza la seguridad de los gruistas al trabajar en un espacio seguro y confortable, puesto que la zona de trabajo de los gruistas es peligrosa.

Por todo ello, las grúas son más veloces y realizan ciclos más cortos, reduciendo la carga y descarga de buques. De esta forma, la operación carga/descarga no se ve afectada por el cambio de turno de los gruistas, con una pérdida de tiempo que se puede ver en las grúas convencionales.

VI.5.b Sistemas de transporte horizontal

Los siguientes equipos tienen como función la distribución de los contenedores dentro de la terminal. Es decir, realizan la interconexión entre subsistemas. Definitivamente, la elección reside en cuanto al sistema de almacenamiento y si este se realiza por medios convencionales, RTG o RMG, o automático ASC.

Los sistemas que se emplean en terminales automatizadas son los *AGV* (*Automated Guided Vehicles*) y *ALV* (*Automated Lifted Vehicles*) también llamados *AShC* (*Automates Shuttle Carrier*). Estos sistemas se caracterizan por tener un software interno controlado por el *TOS* (*Terminal Operating System*). Siendo el *TOS*, el que les permite trabajar de manera organizada y creando adaptabilidad, eficiencia y órdenes de trabajo.

(1) AGV – Vehículos guiados automáticamente

Los AGV son vehículos guiados de manera automática por una ruta establecida, que se crearon para realizar desplazamientos repetitivos cuya función es únicamente la de trasladar los contenedores entre el muelle y el patio, sin capacidad para cargarse o descargarse a sí mismos. Los AGV están formados por plataformas con ruedas y medios de propulsión. Existen dos opciones para poder desplazarse:

- Geolocalización GPS de los AGV
- Transportadores eléctricos instalados en el suelo de la terminal, donde los AGVs emiten y reciben señales del transpondedor de forma que se determina la localización de estos.

La ventaja principal de este sistema es el ahorro en costes de personal de estibadores y la disminución del riesgo de los trabajadores que supone trabajar en una terminal con manipulación de contenedores. Además, de la obtención de datos con el objetivo de optimizar las prestaciones de los equipos y del sistema de la terminal. No obstante, es necesario que las interacciones con el resto de equipos de otros subsistemas estén automatizadas, sobre todo con los de carga/descarga



Ilustración 50. AGV y AGV-lift Fuente: nauticexpo

Debido a que los primeros modelos de AGV no eran capaces de desacoplarse a sí mismo, sino que las grúas debían esperar a que el AGV estuviese exactamente bajo su *spreader*, las empresas *Gottwald* y *TTS Port Equipment AB* desarrollaron nuevos modelos para solucionar el problema.

La empresa *Gottwald* desarrolló los **AGV-lift (L-AGV)**, que son una evolución de los AGV, ya que incorporan dos plataformas elevadoras eléctricas que le permiten elevar el contenedor o recogerlo y depositarlo

automáticamente, por tanto, aumentan su rendimiento con el sistema de izado de la carga unos centímetros. Este izado permite depositarlos en estructuras metálicas situadas en las cabezas de las calles, con la finalidad de liberar el vehículo sin necesidad de que exista operación coordinada con la grúa apiladora. Es decir, la estructura donde se apoya el contenedor actúa de amortiguador del posible flujo irregular de trabajo. Sin embargo, a pie de la grúa STS, el vehículo L-AGV actúa como un vehículo de guiado automático tradicional, y debe esperar a que la grúa le descargue el contenedor para quedar listo para la siguiente orden de trabajo.

De esta manera permite el *decoupling* (desacoplar) parcial de las operaciones, rompiendo la dependencia directa, tanto de las grúas de muelle como de las del patio de funcionamiento de la interconexión, también se pueden utilizar operaciones de recepción/entrega en ferrocarril.

Actualmente, estos equipos son totalmente eléctricos, sin embargo, comenzaron siendo propulsados por motor de combustión interna.

Por otro lado, la empresa *TTS Port Equipment* desarrolló el **Cassette-AGV (C-AGV)**, siendo también una evolución de los AGV, dispone de una plataforma que se eleva y es capaz de cargar el contenedor junto al *cassette*. Los *cassettes* son las estructuras metálicas sobre las que se deposita el contenedor. De forma que, en el transporte de contenedores desde el muelle hasta el patio, los C-AGV dejan los *cassettes* vacíos bajo la grúa de muelle, que los carga con contenedores tras descargarlos directamente del buque. El C-AGV es más bajo que el *cassette* por lo que se sitúa bajo el mismo, y al elevarse carga el *cassete* y el contenedor para trasladarlos hasta el patio.



Ilustración 51. C-AGV de TTS-marine. Fuente: TTS-marine

(2) ALV – Vehículos de transferencia automático

Los ALV son la adaptación de los *Shuttle Carriers* utilizados en terminales convencionales, guiados de forma automática y por ello, también se denominan *AShC (Automated Shuttle Carrier)*. La función de estos vehículos es la de cargar, transportar y descargar la mercancía con una altura máxima de dos alturas de contenedores. Suelen ser el complemento de las AGVs, reduciendo de esta forma el número de vehículos guiados y aumentando el rendimiento de la terminal.

VI.5.c Avances tecnológicos del spreader

En el punto V. *TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES CONVENCIONAL* se introducen dichos avances tecnológicos de los *spreaders* y a continuación explican con mayor detalle y que serán de aplicación para la nueva terminal

(1) Sistema ANTI-SNAG

Es un sistema anti-enganche cuya función es evitar enganches del contenedor con otras superficies, formado una serie de sensores de fricción ubicados en las poleas de las contraplumas de las grúas. Las poleas son las encargadas de enrollar los cables que tiran del *spreader* al elevar el contenedor. Si se detecta que el contenedor se engancha en una guía de la bodega, las poleas realizan un movimiento hacia delante consiguiendo disipar la energía y frenando la acción. Colaborando de manera

(2) BOHUNTER HORIZONTAL FINE POSITIONING SYSTEM

Es un sistema que le permite al gruista de las grúas de muelle mover el *spreader* 200 mm en dirección paralela o perpendicular a la pluma con el fin de ajustar la posición exacta del contenedor sin necesidad de mover el *trolley*. Dicho sistema tiene la posibilidad de funcionar de forma simultánea con el control de balanceo (*skew*).

(3) Sistema de ESCÁNER LÁSER

Es un sistema cuya función es escanear los contenedores durante su izada, desarrollado por CPS Cargotec Security. El escaneo se realiza en 20-30 segundos de forma que el rendimiento de la grúa no se vea afectado por el mismo. Es una forma muy útil de escanear contenedores de transbordo en muelle sin la necesidad de realizarlo en el patio o puerta terrestre.

(4) Modalidades del *Spreader* en función del contenedor a cargar

(4.a) *Spreader* con TWIN-LIFT

Es un *spreader* telescópico, que le permite manipular contenedores de 20' y 40'. Tiene la capacidad de elevar dos contenedores de 20', sujetándolos con *twist-locks* en su zona central.

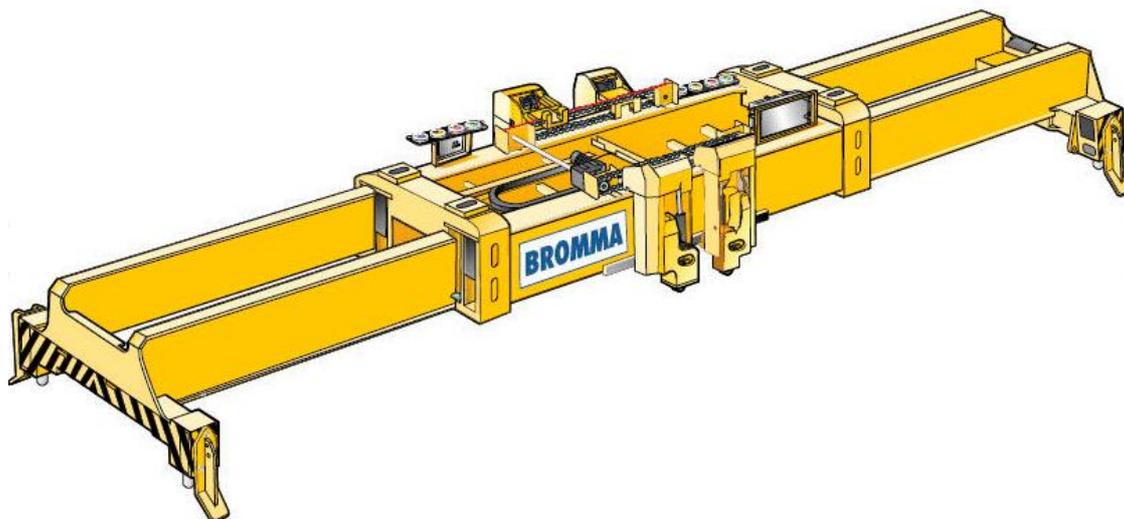


Ilustración 52. *Spreader* con twin-lift. Fuente: BROMMA

(4.b) Spreader en TÁNDEM

Dicho *spreader* se define como la evolución del anterior, que permite manipular hasta 4 contenedores de 20' a la vez. Sin embargo, para ello se necesita una grúa que tenga la capacidad de carga 120 toneladas. Dicha capacidad es lo que limita los contenedores a izar por movimiento.



Ilustración 53. Spreader en tándem. Fuente: BROMMA

(4.c) Spreader TRIPLE con TWIN-LIFT

Este último tipo se compone de 3 *spreaders* que trabajan de forma simultánea para elevar 6 contenedores de 20' o 3 contenedores de 40', dado que incorpora la tecnología *twin-lift*, explicada en el primer tipo.

VI.5.d Equipos de almacenamiento

En TPCA, el subsistema de almacenamiento se encuentra manipulado por grúas pórtico, robotizadas y controladas por control remoto en las operaciones de carga y descarga.

(1) ASC – Automatic Stacking Cranes

Las grúas ASC (*Automatic Stacking Cranes*) gozan de un mayor grado de automatización y existen dos configuraciones dentro de dicha tipología: *ASC twin no pasantes* y las *ASC crossover pasantes*. Estos se desplazan sobre raíles y cuya función es la de apilamiento de contenedores en el patio y carga/descarga de contenedores en medios auxiliares.

Dichos equipos son 100% eléctricos y por ello, no disponen de cabina de conductor. Tienen un mayor aprovechamiento del espacio, permitiendo un apilado de hasta 5 alturas y anchura de 6 a 10 contenedores. El TOS se encarga de manejar el sistema de la grúa y el almacenamiento del contenedor, capaz de comunicarse con los vehículos e interconexión, y además cuenta con un sistema de localización que detecta el pórtico lo largo del raíl y predice posibles colisiones y obstáculos a lo largo del movimiento.

Por todo ello, se reduce el error humano al máximo, y permite evitar interrupciones no programadas, aumentando de esta forma la productividad y fiabilidad. Por otro lado, también se aumenta la seguridad al estar los conductores de camión esperando en una cabina hasta que la operación haya finalizado. Como consecuencia

de esto, resulta un menor número de accidentes, menor número de contenedores dañados y ahorro de personal. Los operarios únicamente manejarán los equipos en condiciones excepcionales.

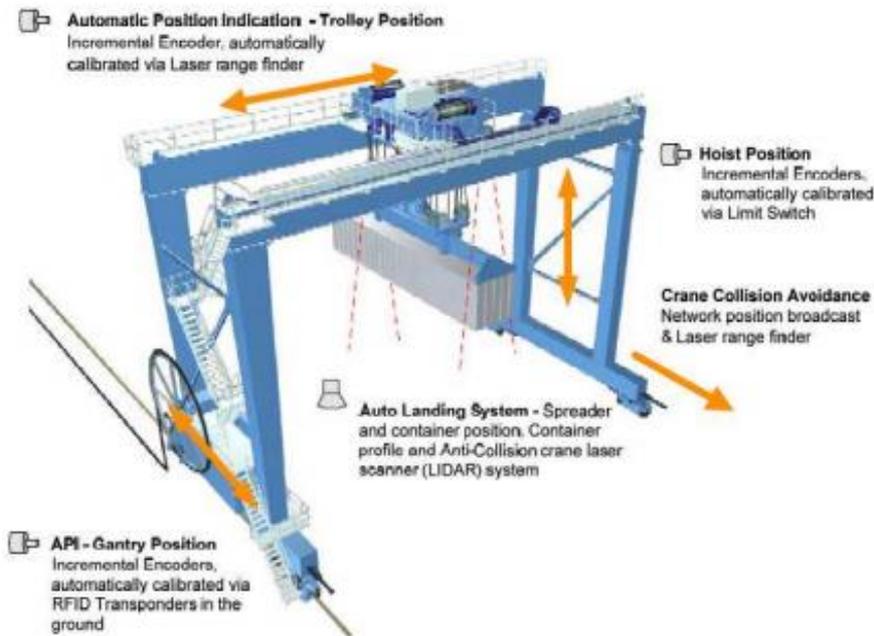


Ilustración 54. Partes de un ASC. Fuente: Influencia de los sistemas de automatización aplicados en la gestión de las nuevas terminales de contenedores

(1.a) Grúas ASC gemelas no pasantes

Estos equipos son los más habituales en las terminales automatizadas de contenedores. Ya que aprovechan mejor la superficie del patio, y realizan la operación de carga/descarga dentro del área que ocupa la grúa. Es cierto, que para conseguir un funcionamiento excepcional hace falta una buena estrategia de operación.

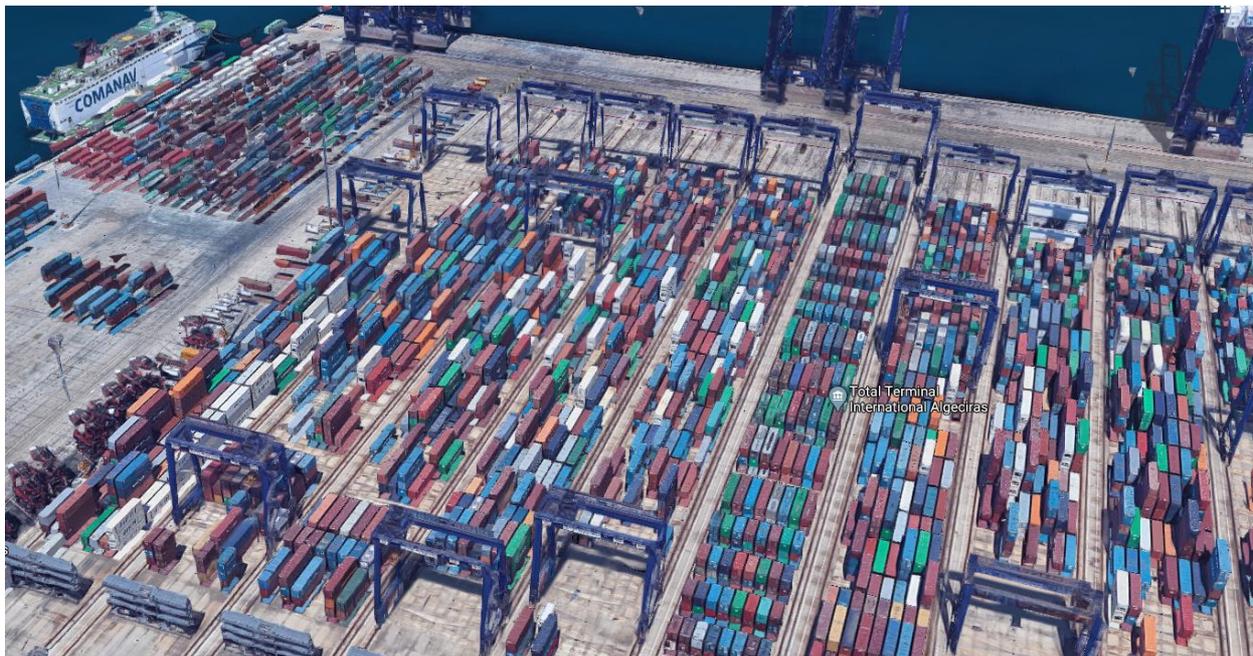


Ilustración 55. ASC twin en la TTI del Puerto de Algeciras. Fuente: GoogleMaps

Se trata de dos grúas exactamente iguales, de ahí su nombre, en la que una sirve a toda la mercancía que proviene del lado mar, situándose en ese flanco, y la que se sitúa en el flanco del lado tierra despacha contenedores colocándolos encima de los camiones, además de colaborar con la del lado mar recogiendo contenedores dejado a mitad de hilera para colocarlos en su posición final. No obstante, en caso de avería se colapsaría un lado del bloque, o en caso de congestión de una interfaz, únicamente se dispondría de una grúa ASC.

(1.b) Grúas ASC pasantes (crossover)

Estos equipos derivan de las grúas *ASC twin*, aunque no son muy habituales en Europa. Se trata de grúas de tamaños distintos de manera que se pueden cruzar sin colisionar. Este diseño intenta maximizar su flexibilidad existiendo la posibilidad de operar las dos grúas en ambos lados del bloque, por lo que es una ventaja cuando un lado de este esta saturado.

La interferencia entre las dos grúas *ASC crossover* ocurre cuando la mayor esta izando o arrizando un contenedor, ya que en este caso se bloquea la circulación de la grúa de menor dimensión. Ahora bien, se prioriza el paso de la grúa baja, en la que interrumpe brevemente la operación de la grúa alta y cada una continúa su tarea, siendo esta configuración poco perjudicial para el rendimiento del sistema.

Este tipo de grúas tiene mayor coste y requieren de mayor superficie por bloque de contenedores, ya que se necesita mayor área de patio de contenedores porque se necesitan dos líneas de railes para que las grúas se puedan cruzar.

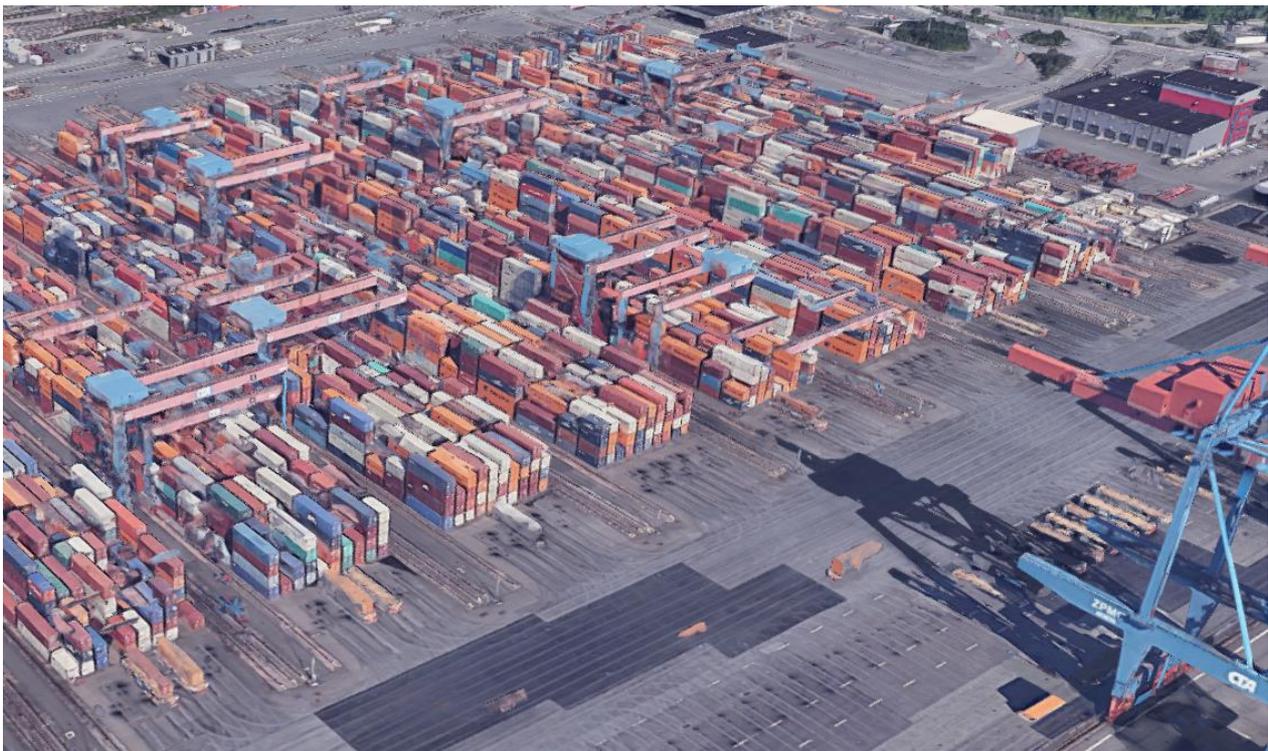


Ilustración 56. ASC crossover en la HHLA Container Terminal Altenwerder (CTA) del Puerto de Hamburgo. Fuente: GoogleMaps

(2) Grúas automáticas RMG y C-RMG

Las grúas *cantiléver RMG (C-RMGs)* son los equipos más utilizados en el ámbito de la automatización. Son grúas que se pueden utilizar en bloques de mayores tamaños y pueden trabajar tanto en patios con disposición perpendicular o paralela al muelle.

Estas grúas tienen la capacidad de recoger/entregar contenedores de/a los equipos de interconexión y camiones que se sitúan al lado de la pila de almacenamiento. Normalmente, dicho sistema se combina con el sistema manual de cabeza tractora + plataforma como equipo de interconexión. Por lo que, se utilizan para densidades de apilado muy elevadas, siendo característico de terminales asiáticas.



Ilustración 57. C-RMG. Fuente: Henan Kuangshan Crane Co

VI.5.e Equipos de recepción y entrega

A continuación, se describen los equipos que son más comunes en las TPCA en el subsistema de recepción y entrega, aunque existe gran variedad de equipos. Conjuntamente, existen iniciativas de implementación de sistemas que favorecen la disminución de tiempos de espera de forma que se reducen las colas de camiones que puedan formarse.

(1) Sistemas OCR – *Optical Character Recognition*

Los sistemas *Optical Character Recognition (OCR)* son sistemas electrónicos que permiten la traducción de caracteres mediante escáneres y algoritmos. Cuyo objetivo principal es aumentar la seguridad y el rendimiento en la puerta terrestre de la terminal, de forma que capta y transmite la información en tiempo real, traduciendo las imágenes a datos y enviándola al TOS.

Se trata de unos pórticos colocados en los carriles de acceso a la terminal que llevan incorporados los siguientes elementos:

- Sensores láser y magnéticos que detectan el vehículo e identifican la matrícula por capturas de imagen

- Cámaras CCTV con sensores CCD (*Charge Couple Device*) que son capaces de tomar fotografías tanto durante el día como de noche sin que le afecte los efectos reflectantes de las matrículas. Además, fotografían todos los lados de contenedor, para la identificación del estado y características de la carga por su etiquetado.
- Iluminadores LED, cuya función es la de asegurar unas buenas condiciones lumínicas para la captura de imágenes



Ilustración 58. Sistema OCR. Fuente: Idonic

(2) Sistema de tarjetas inteligentes

Dicho sistema se trata del acceso del personal de la terminal, a través de tarjetas inteligentes que son capaces de almacenar la información de acceso de cada persona (nombre, turno, matrícula e información biométrica de las huellas). Con esta información y las imágenes captadas por las cámaras CCTV, asignan un equipamiento a cada empleado, de forma que se consigue restringir el acceso de los mismos a determinadas áreas de la terminal.

(3) RFID – *Radio Frequency Identification*

El sistema RDIF es un sistema de comunicación remota de dos o más dispositivos por el cual se emiten señales de radio y la respuesta del resto es automática. Por lo que se actualiza la introducción de datos a un sistema a tiempo real. Dicho sistema aparece como consecuencia de poder identificar los contenedores mediante matrícula y precinto, puesto que es particular para el viaje que vaya a efectuar el contenedor.

El sistema es capaz de identificar cualquier objeto que vaya dotado con una etiqueta RDIF. Recoge la información y la transmite por radiofrecuencia. Se puede observar a continuación un ejemplo de ella.



Ilustración 59. Etiqueta RFID. Fuente: casacochecurro

Existe la posibilidad de instalar lectores en las puertas de la terminal y que, por tanto, al pasar por el pórtico, se recibe la información de la etiqueta a través de la antena, permitiendo así la obtención de datos que se necesite. De esta forma, se facilita la comprobación de permisos del contenedor para poder salir de la terminal quedando registrado todos los movimientos que realizados en el *TOS*.

(4) Closing time

Se trata de una iniciativa que ordena el transporte estableciendo unos parámetros horarios para cada fase de envío de la información necesaria para facilitar el acceso a la terminal. Así mismo, engloba toda la información en un sistema informático que conecta a todos los usuarios.

Se gestionan las órdenes de transporte, entrégueses, admitases, notificaciones de admisión en terminales o *depots*, de forma electrónica.

(5) Cita previa

La cita previa permite repartir el flujo de camiones esperado durante todo el día, cuyo objetivo es evitar en horas punta el colapso y equilibrar la carga de trabajo, todo ello junto con una correcta planificación de recursos.

Se implementa, en la propia web de la terminal en una sección de ventanas horarias, de forma que se limita la duración y capacidad de admisión en cada ventana horaria. En estas, se informa cuando empieza y finaliza la posibilidad de realizar solicitudes. Una vez el transportista o agente implicado ha realizado la solicitud, la terminal confirma la reserva indicando el rango horario en que está vigente, o por el contrario, notifica que no se ha podido realizar la reserva por encontrarse dicho rango completo.

VI.5.f Sistemas de gestión de información

(1) Sistema Operativo de la terminal – TOS

El *TOS* (*Terminal Operating System* o Sistema Operativo de la Terminal – SOT en castellano) es el conjunto de equipos, hardware, y software que permiten el intercambio de información y la generación de ordenes necesarias para la explotación de la terminal.

Este sistema tiene como objetivo maximizar la eficiencia de la terminal a través de mejor control y planificación, a la vez que optimiza el espacio de almacenamiento, reduce costes e incrementa la seguridad mediante diseños lógicos, algoritmos y varemos preestablecidos con los trabajan estas herramientas de gestión.

Además de los módulos básico en lo que se basa un TOS recién comprado (planificación y control de operaciones, método de administración y gestión y módulo de comunicaciones), cada empresa o terminal en función de su estrategia se configura para módulos más definidos en base a los 3 principales. En el mercado actual, diferentes empresas han generado su propio TOS, con módulos propios que se adaptan a las

necesidades de sus clientes según auditoria rigurosa, la cual es realizada por estas mismas empresas para su óptima implementación.

(2) Sistema de ventanas de atraque

El sistema de ventanas de atraque controla el orden de llegadas a la terminal de los buques que operen en dicha terminal.

En caso de carecer de dicho sistema en la terminal, existe el riesgo de congestionar la línea de atraque, lo cual produciría desconfianza por parte de los clientes que quieren y necesitan un servicio rápido y eficiente. Sin embargo, en el caso de que la terminal sea de carácter dedicado, esta es gestionada de forma íntegra por una naviera, dando servicio de forma exclusiva a sus buques y a los de sus socios en una posición excelente para distribuir su mercancía en el Mediterráneo. Dicho sistema debe ser implementando por el futuro operador de la terminal, acorde a sus necesidades.

07

*Diseño técnico de la
terminal*

VII. DISEÑO TÉCNICO DE LA TERMINAL

En este punto se abordará el diseño técnico de la nueva terminal de contenedores automatizada en la Dársena de Escombreras del Puerto de Cartagena, dicha localización se define en el apartado IV.4 Propuesta de una nueva TPC en la Dársena de Escombreras. De forma que se aplicaran los cálculos y medidas necesarias para el diseño de las zonas que la componen y de los equipos que llevarán a cabo las operaciones. Del mismo modo, se diseñará en planta el acceso terrestre de la terminal, tanto el de carretera como ferrocarril, y se delimitarán las zonas destinadas a instalaciones que permita el desarrollo de la operativa de la terminal.

VII.1. Equipamiento empleado

VII.1.a Equipos de muelle

(1) Sistema de amarre automático

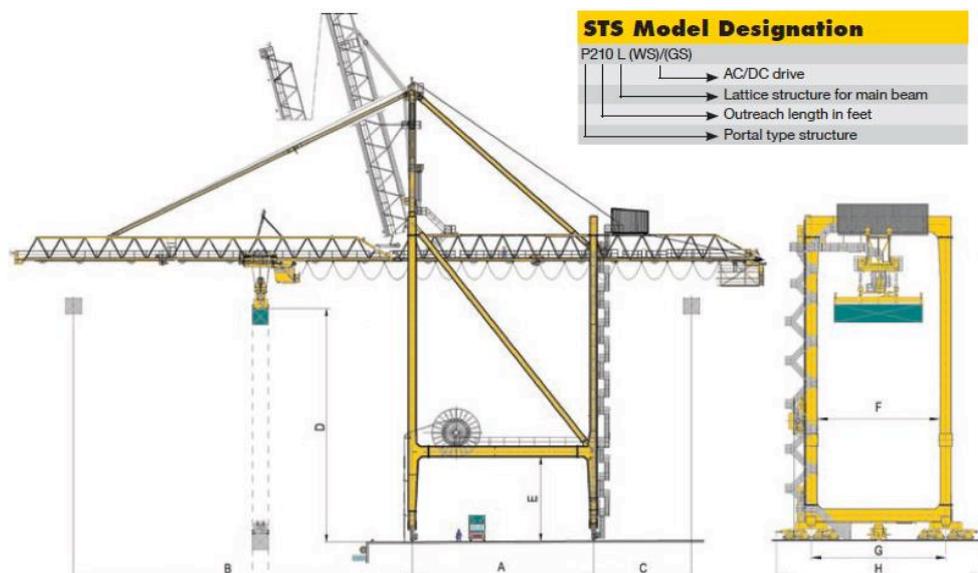
Se ha elegido sistema de amarre con función ventosa, puesto que lo ideal es que los buques atracados se muevan lo menos posible. Se ha optado por sistemas de amare *MoorMaster 400 (trial)* que tienen una capacidad de 400 kN cada uno y 250.000 ciclos de vida del poliestireno, que realiza la función de ventosa.

De la operativa de dicho sistema se encarga el responsable de la grúa por control remoto, que se accionará mediante un sensor de proximidad por láser instalados en cada amarre. De forma que cuando dichos sensores detecten que el buque esta situado en a la distancia correcta para efectuar el amarre, será entonces el operario el que los accionara y llevará a cabo la operación de amarre.

La disposición de los sistemas de amarre se colocarán cada 80 m, con el fin de que sea posible el atraque de varios buques a la vez. La terminal será capaz de dar servicio a los buques más grandes con capacidad superior a los 24.000 TEUS. Actualmente, el buque con mayor capacidad es el MSC Gülsün, cuyas dimensiones son una eslora de 400 m y una manga de 61,5 m y capaz de cargar hasta 23.750 TEUs.

(2) Grúas muelle

En cuanto a las operaciones de carga y descarga de los buques que llegan, gracias al gran calado existente (26 m) para acoger buques con la mayor capacidad en funcionamiento, las grúas muelle que se van a instalar para la nueva TPCA son las grúas STS portacontenedores sobre raíles Megamax, suministradas por la compañía alemana *Liebherr Container Cranes Ltd*, que a continuación se describen sus características:



Typical Super Post Panamax / Megamax Crane	
DIMENSIONES (metros)	
A: distancia entre raíles	32
B: alcance delantero	70
C: alcance trasero	25
D: altura de elevación	49
E: espacio libre bajo travesaño	15
F: ancho entre pilares	15
G: distancia ruedas delanteras-traseras	18,2
H: ancho total	32
CARACTERÍSTICAS	
Velocidad de elevación (m/min)	70-175
Velocidad de carro (m/min)	210-240
Velocidad portico (m/min)	45
Carga nominal (Tn)	60-80
Carga de spreader (Tn)	65 en twin ; 80 en tándem

Ilustración 60. Características grúa tipo Megamax. Fuente: Liebherr Container Cranes

Atendiendo al criterio establecido por la naviera MSC (Mediterranean Shipping Company) que recomienda adquirir para nuevas terminales una cantidad de grúas igual a las necesarias para atender al mayor buque que vaya a atracar en la terminal separadas 80 m entre ellas. Por tanto, tomando como base el *Manual de Capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores (2011)*, los atraques de 250 m a los que se añadirá un 10% de eslora del buque en concepto de distancia de seguridad entre buque y buque, lo que lleva a distancia-tipo de 300 m, y teniendo en cuenta una longitud de 900 m de muelle que se puede aprovechar el existente. **Se instalarán un total 9 grúas**, por tanto, los buques dispondrán de 3 grúas y se conseguirá un rendimiento muy competitivo.

Es recomendable que las grúas puedan izar los contenedores, por ello se optará por *spreaders Twin-lift* y otro tándem por grúa. De forma que se podrá izar diferentes combinaciones de contenedores:

Twin-lift	Tándem
- 1 Contenedor de 20'	- 2 contenedores de 20'
- 1 contenedor de 40'	- 2 contenedores de 40'
- 2 contenedores de 20'	- 4 contenedores de 20'

Tabla 25. Combinación de izado con spreader twin-lift y tándem. Fuente: elaboración propia

Además, las grúas STS, contarán con un sistema de automatización que incluye *ELC*, *Sway Control*, posicionamiento de carga, *Skew Control* y *Ship Profiling System*, dicho sistema esta desarrollado por la compañía ABB.

VII.1.b Equipos de transporte horizontal

Una vez tratadas las nuevas tecnologías para subsanar los problemas que aparecen en el subsistema de interconexión, y también el principal problema de los equipos AGV tradicionales que es que dichos equipos no son capaces de descargar contenedores al llegar a la zona de almacenamiento en el patio, necesitando por tanto que dicha operación la realizarán los equipos de subsistema de almacenamiento. Así mismo, la productividad de los AGV dependía de estos.

Por todo ello, la solución que se está implementando en las nuevas terminales de contenedores automáticas son los modelos más avanzados de L-AGV para combatir el problema del acople. En la nueva TPCA en la

Dársena de Escombreras en el Puerto de Cartagena se adquirirá este tipo de vehículos para las operaciones de interconexión suministrados por la compañía *Konecranes*.



Ilustración 61. Operativa de un AGV Lift. Fuente: Manual de Capacidad Portuaria

Como se puede observar en la imagen, estos equipos cuentan con unas plataformas de elevación eléctrica que permiten depositar los contenedores en una especie de estanterías ubicadas al principio de cada bloque de contenedores en la zona de almacenamiento, de modo que reduce un 50% el número de equipos necesarios para atender a cada grúa de muelle. Cabe destacar, que dichos equipos funcionan con batería eléctrica, respetando por tanto el medio ambiente. Se muestra una tabla con las características técnicas:

Lift AGV - Technical Data	
Positioning accuracy	25 mm
Technology	Full electric
Container Types	
1 x 20', 1 x 40' and 1 x 45' container	
2 x 20' containers	
1 x 30 container as an option	
Load Weights	
Max. Weight of a single container	40 t
Max. Weight of 2 x 20' container	60 t
Dimensions	
Length (depending on bumper)	approx. 14,8 m
Width	approx. 3.0 m
Loading area height	approx 2.4 m
Dead weight	approx. 34 t
Tyre size	18,00 R 25
Speeds	
Max. Speed forward / reverse	6 m/s
Max. Speed in curves	3 m/s
Travelling in crab mode	1 m/s

Ilustración 62. Características técnicas de L-AGV. Fuente: Konecranes

El número total de equipos de transporte horizontal que se necesitarán en la nueva terminal de contenedores se definirá en el apartado VII.2.c Subsistema de interconexión

Además, la nueva terminal contará con ferrocarril para el cambio de modo de transporte. En las que se empleará grúas RMG automáticas, y para ellos se adquirirán dos grúas de la compañía Konecranes y se ubicarán en ambos extremos de la terminal ferroviaria. Se ha optado por estas grúas puesto que los costes de operación y el consumo de energía son bajos. Se diseñará en el punto VII.3.b (1) Diseño de la estación de ferrocarril en la nueva TPCA.

VII.1.c Equipos de almacenamiento

De acuerdo a lo definido en puntos anteriores sobre los dos tipos de ASC, se ha optado por emplear las grúas ASC gemelas no pasantes en cada bloque de contenedores del patio. Se han descartado las grúas ASC pasantes por el hecho de que ocupan mayor superficie además de tener un precio más elevado.

Se escogen los equipos ASC gemelas no pasantes suministradas por la compañía Künz, que a continuación se pueden observar sus características generales

Technical Data Twin ASC KÜNZ	
Capacity main hoist	41 tonnes
Track width	28 m
Lifting height	18.1 m
Stacking capacity	9 wide / 1 over 5
Length of crane way	380 m
Working speed	
Hoist rated load	0 - 36 m/min
Hoist empty load	0 - 60 m/min
Gantry drive	0 - 270 m/min
Trolley drive	0 - 70 m/min
Power	
Main hoist	2 x 170 KW / 100%ED
Gantry drive	13 x 37 KW / 100%ED
Trolley drive	4 x 11 KW / 100%ED

Ilustración 63. Características generales de las grúas ASC gemelas no pasantes. Fuente: Künz

El número total de equipos de almacenamiento que se necesitarán en la nueva terminal de contenedores se definirá en el apartado VII.2.b (2) Capacidad de almacenamiento.

VII.1.d Equipos de recepción y entrega

El equipo escogido para el subsistema de recepción y entrega para la nueva terminal, es el equipo de última generación ÓRBITA. Este equipo cuenta con 6 sistemas que actúan conjuntamente y se encuentran integrados en el TOS:

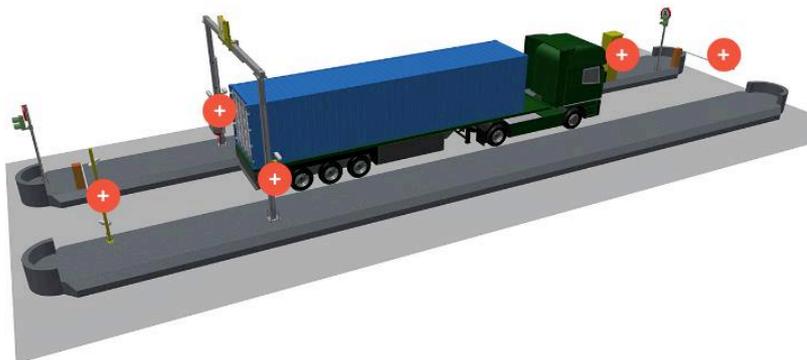


Ilustración 64. Gate Suite. Fuente: orbitaports

- *Gate Container Code Recognition – CCR*

Es el sistema que permite a los usuarios verificar de forma automática los contenedores ISO cuando son transportados por el camión en el momento que cruzan el punto de acceso. Además, tiene la capacidad de leer la plaza de los vehículos que transportan la mercancía, y de tomar fotografías y videos de todos los costados e identificar por código IMDG (*Internacional Maritime Dangerous Goods*) de mercancías peligrosas, en tiempo real.

Del mismo modo, dicho sistema es capaz de reconocer la matrícula de los contenedores de 20' y 40' individualmente o apilados que entran y salen por ferrocarril.



Ilustración 65. Gate CCR. Fuente: orbitaports

- *Gate Operating System – OS*

Este sistema administra de forma remota y en tiempo real, toda la información adquirida en el punto de acceso. De forma que incrementa el rendimiento y reduce los costes de instalación por la centralización de control de todos los sucesos ocurridos en dicho punto de acceso. Así mismo, gestiona y almacena la información vinculada a la entrada y/o salida del camión. La información obtenida, se comparte con el TOS que proporciona una interfaz única que ofrece a los operadores el control de los sucesos relacionados con el funcionamiento de la puerta a través únicamente de una sola pantalla y el sistema *software*.

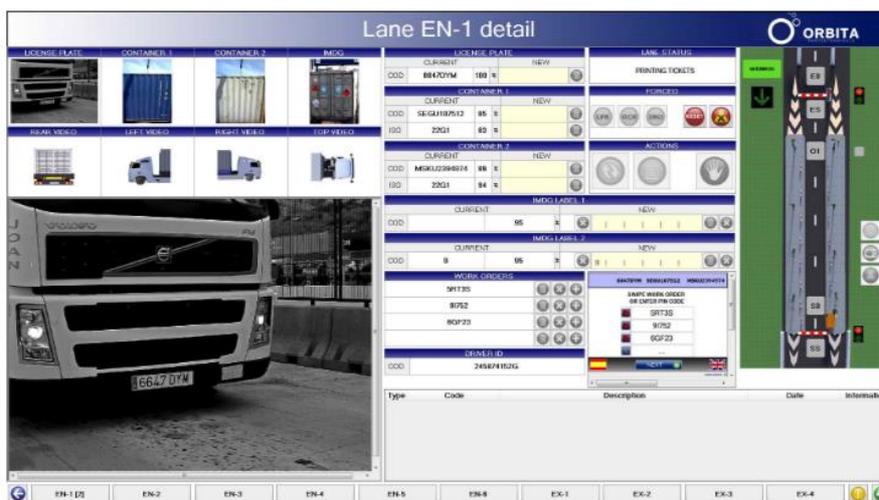


Ilustración 66. Gate OS. Fuente: orbitaports

- Gate Kiosk

Dicho sistema se puede definir como un gabinete de control modular, el cual proporciona una serie de interfaces para administrar la entrada/salida a/de la terminal e instalaciones. Tiene como funciones la de gestionar la información de órdenes de trabajo, comunicación entre el conductor y el personal de terminal, así como la impresión de documentos, entre otras. De forma que automatiza las operaciones de inicio de sesión, agiliza los tiempos de procesamiento proporcionando trazabilidad de las operaciones del conductor, con el fin de reducir la necesidad de intervención del personal de la terminal y facilitarles la gestión de incidencias.



Ilustración 67. Gate Kiosk. Fuente: orbitaports

- Gate Empty Container Inspection 3D – ECI

El sistema *ECI* identifica de forma automática los objetos que se encuentran en el interior de los contenedores. Se trata de un dispositivo de escáner 3D en un sistema de posicionamiento mecánico. Se abre el contenedor y dicho dispositivo se posiciona automáticamente y escanea el interior del contenedor. De forma simultánea, el *software* procesa los datos y proporciona información sobre las condiciones del interior del contenedor, en caso de haber objetos ocultos o si las dimensiones han sido alteradas, Este sistema es muy eficaz para aumentar la seguridad de la terminal, ya que detecta con facilidad si hay

mercancía de contrabando. ECI se integra perfectamente con el resto de los sistemas, proporcionando una interfaz única en el *Gate OS*.



Ilustración 68. Gate ECI. Fuente: orbitaports

- *Gate Traffic*

Es el paquete de *hardware* y software que automatiza la gestión del tráfico en los puntos de acceso. Gracias a dicho sistema, el flujo de vehículos transcurre de forma fluida, estructurada y organizada. De la misma forma que refuerza la gestión de seguridad en las puertas. Este paquete se complementa de forma correcta con el *Gate CCR* y el *Gate OS*, que cuando se combina es cuando se consigue la automatización total de punto de acceso.



Ilustración 69. Gate Traffic. Fuente: orbitaports

- Gate Damage Inspection 3D – DMG

Este sistema es el de inspección automática de daños del equipo ÓRBITA, capaz de detectar aquellas zonas dañadas del contenedor e informa de forma inmediata al Gate OS. Este sistema funciona de manera autónoma e informa al operador en puerta sobre la ubicación de los daños en el momento que el camión pasa por el Gate CCR, ya que esta instalado junto a este. Al formar parte de la interfaz Gate OS, se puede comunicar con los distintos módulos para obtener imágenes en tiempo real, de forma que permite

mostrarle, al usuario, al mismo tiempo, las imágenes obtenidas de la inspección, únicamente facilitando su identificación.



Ilustración 70. Gate DMG. Fuente: orbitaports

Dado que la terminal va a ser 50% *import/export* y 50% *transbordo*, el número de carriles será no será elevado. Además, se pretende añadir una plataforma ferroviaria para el cambio de modo de transporte, se ha decidido habilitar 3 carriles de entrada y 4 de salida de camiones a la terminal, tal y como se verá en el punto Accesos terrestres. Cada uno de estos carriles estará equipado con uno de estos sistemas OCR, obteniendo un total de 7 equipos completos. Con el fin de alcanzar un ritmo de entrada y despacho de mercancía eficiente.

VII.1.e Equipos de gestión de información

El sistema operativo que gestionará tanto el flujo físico de la mercancía dentro de la terminal como el digital de la información que lleva asociada será el Navis N4, comercializado y soportado por *Zebra Technologies Solutions*. Navis N4 es una plataforma de tecnología sofisticada capaz de optimizar la eficiencia y productividad de las terminales de contenedores en el conjunto de sus actividades operacionales, integrándola con actividades que soporten la acción portuaria. Las actividades operacionales que destacan son el planeamiento de buques, la planeación de patio y la ejecución y control operacional terrestre y marino.

Así mismo, gracias al conjunto de módulos de optimización empleados por dicha plataforma, se mejora la utilización de la infraestructura de equipos de desplazamiento vertical u horizontal y del recurso humano. Por ello, el Navis N4 es el más empleado en el mundo para las terminales de contenedores automatizadas, siendo muy sencilla su adaptación en caso de crecimiento de la terminal, tanto geográfica como el tráfico de la maquinaria empleada:

- **Prime Route**

Optimiza las asignaciones de trabajo de los equipos, de forma que reduce al máximo las distancias de viaje de los equipos en tiempo real. Tiene en cuenta las restricciones existentes y obtiene un uso eficiente de todos estos equipos reduciendo los costes asociados al combustible, mano de obra o mantenimiento.

- **Vessel's Auto-Stow**

Ayuda a la mejora de la planificación de las secuencias de carga/descarga de los buques. De manera que genera automáticamente sus propios planes de estiba, teniendo en cuenta sus características técnicas, número y tipo de contenedores a manipular y las restricciones técnicas de la terminal.

- ***Expert-Decking***

Controla la utilización y el uso óptimo del espacio de almacenamiento. De forma que le asigna a cada contenedor la mejor posición considerando el tiempo que va a permanecer en la terminal y planifica su despacho.

- ***Quay-commander***

Controla los horarios de las grúas, contenedores que se movilizan y las tareas operacionales del buque, en tiempo real. Permitiendo ajustes dinámicos de la carga pronosticada en los tiempos de carga/descarga y las secuencias de trabajo en las grúas. Con dicha herramienta se alcanzan predicciones más exactas del movimiento de contenedores y plazos de ejecución, de forma que se aumenta la productividad y el control de equipos.

VII.2. Diseño de los subsistemas de la terminal

En este apartado se procede al diseño de la terminal. Para ello, hay que recordar, que se trata de una nueva terminal de contenedores ubicada en la Dársena de Escombreras, donde actualmente se encuentra el dique suroeste que se pretende aprovechar. Por ello, la nueva TPC se basaría en la construcción de una explanada en el lado mar abierto del dique suroeste, que por tanto contaría con una longitud de atraque de 900 m lineales, aprovechando el muelle actual existente y un calado de 26 m.

Además, teniendo en cuenta la comparación entre terminales con disposición de patio paralela o perpendicular al muelle realizada en el apartado VI.4 Comparativa de TPCA según la distribución del patio de contenedores. Se ha optado para la nueva terminal, una disposición de patio perpendicular al muelle, puesto que se pretende aprovechar el espacio al máximo.

En el siguiente apartado, se detallarán todos los cálculos de capacidad necesarios, atendiendo a los factores que afecten a ellos.

VII.2.a Área de operación

Se define área de operación como "la zona más próxima a la línea de atraque, destinada a las operaciones de carga y descarga de mercancías del buque" según la *ROM 2.0-11 Recomendaciones para el proyecto y ejecución en obras de Atraque y Amarre*.

Para cada tipo de instalación de atraque, la disposición general del área de operación, así como sus dimensiones, dependen de los siguientes factores operativos:

- Las características y número de los equipos de carga y descarga de mercancías de buque.
- Las características y equipos utilizado para la interconexión interna entre el área de operación y la de almacenamiento o depósito de mercancías
- La localización de las zonas de servicios u operaciones auxiliares o complementarios asociados con el buque y con las operaciones carga y descarga del mismo

La ROM recomienda una anchura del área de operación entre los 22,5 y valores no superiores a 100 m. Sin embargo, para el caso de terminales destinadas al tráfico de contenedores, la anchura suele variar entre los 30 m cuando se consideren grúas para buques *feeder* de menos de 3.000 TEUs de capacidad y valores superiores a los 70 m, cuando se consideren grúas para buques *Malacamax* de más de 12.000 TEU de capacidad.

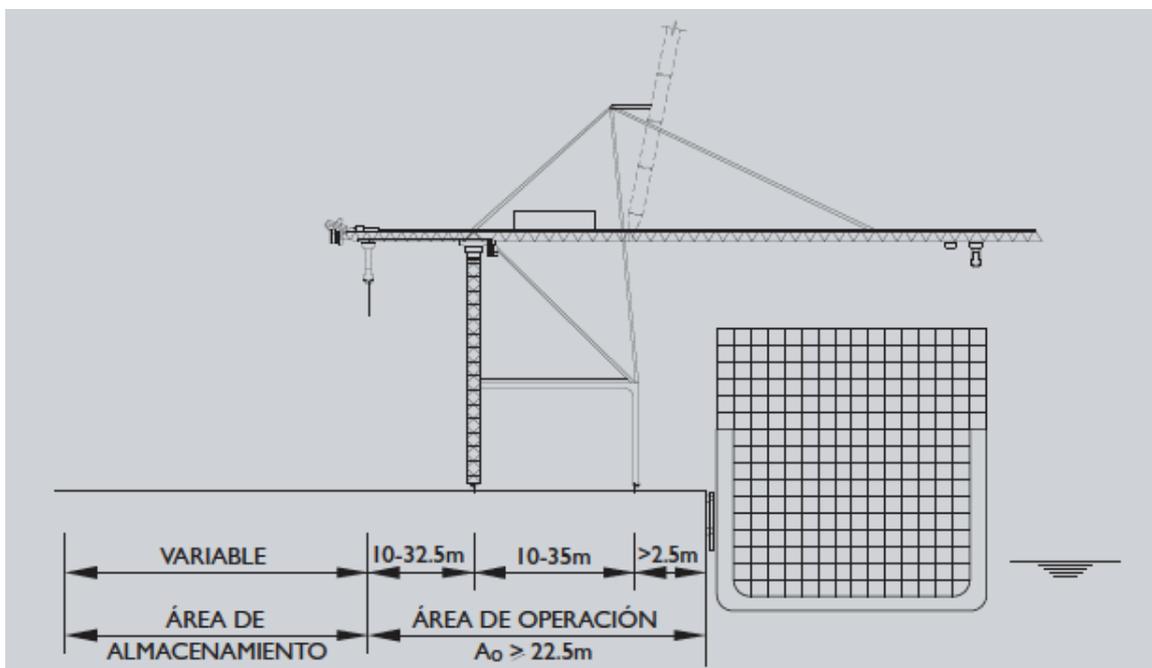


Ilustración 71. Diferenciación de áreas terrestres en una instalación de atraque tipo muelle, con uso comercial y utilizando sistemas de carga y descarga de mercancías mediante equipos de rodadura restringida sobre carriles. Definición de anchura. Fuente: ROM 2.0-

11

En el área de operaciones se distinguen tres zonas: la zona más próxima al mar, la zona bajo grúa y la zona tras grúa. Para la nueva terminal se reservará lo siguiente (*Plano 05*):

- La zona más próxima al mar o zona de amarre, debe contar con una anchura mayor a 2,5 m para poder albergar los equipos de amarre y servicios necesarios. Se reservan 9 m debido a los amarres automáticos que son de mayor envergadura que los bolados tradicionales.
- La zona bajo grúa, debe contar con una anchura entre los 10 y 35 m, el cual esta reservado para los equipos que realizan la interconexión en el patio y cualquier vehículo auxiliar. Por ello, se dispondrán de 5 carriles de circulación de 5 m de ancho con las marcas por donde los neumáticos de los equipos de interconexión deben circular de 3 m, y la separación entre carriles es de 1 m. Reservando un total de 33 m.
- La zona tras grúa, que debe oscilar entre los valores de 10 y 32,5 de ancho, cuya finalidad es la misma que la de la zona bajo la grúa. Se dispone de 3 carriles de las mismas características que los anteriores, y además, se reserva un área de 7 m bajo el contrapeso de la grúa por razones de seguridad. Se reservan, por tanto, 29 m.

Por tanto, se reservan en **total 71 m para el área de operaciones.**

VII.2.b Diseño en planta

La capacidad de la terminal será la menor de las capacidades de los subsistemas que la integran en un periodo anual: subsistemas de carga y descarga de buques (capacidad por línea de atraque), subsistema de interconexión, subsistema de almacenamiento, y subsistema de recepción y entrega (*Monfort 2011*).

Para poder determinar la capacidad de la terminal, se utiliza la metodología conocida como *Método de los Cuellos de Botella*, que se basa en asumir las hipótesis de trabajo que permitan el aislamiento de cada subsistema para el cálculo de la capacidad individual de cada uno, de forma que la menor de las capacidades obtenidas será la capacidad definitiva de la terminal.

Según *Monfort (2011)*, desde el punto de vista de planificación de la terminal, los subsistemas de interconexión y recepción/entrega no deben ser los limitantes de la capacidad, es por ello que se dotan de suficientes equipos para no ser los cuellos de botella. En la realidad, los limitantes son el de almacenamiento o el de carga/descarga, debido a que a ampliación de dichos subsistemas es muy difícil, incluso algunas veces imposible.

Con todo ello, en los siguientes puntos se va a realizar el cálculo de la capacidad de la terminal en línea de atraque (subsistema de carga/descarga) y almacenamiento (subsistema de almacenamiento).

(1) Capacidad de la línea de atraque

Los siguientes aspectos son los que hay que tener en cuenta para el cálculo de la capacidad de la línea de atraque de una terminal portuaria:

- Volumen de mercancías a manipular según su tipo (TEU/año)
- Alineaciones de atraque de la línea de atraque en lo referente a longitud y calado
- Distribución estadística de llegada de los buques y sus características
- Productividad y nº de equipos de muelle
- Tiempo operativo de la terminal al año
- Distribución estadística del tiempo de servicio
- Nivel de calidad de servicio medido por la espera relativa admisible

La **capacidad anual de la línea de atraque** queda definida de la siguiente forma:

$$C_{LA} = (N * \phi) * P * F * T_{\alpha}$$

Siendo,

- C_{LA} : Capacidad anual de línea de atraque (TEUs, toneladas o contenedores/año)
- N : Nº de atraques en la terminal.
- ϕ : Tasa de ocupación admisible. Función del nº de puestos de atraque, la calidad del servicio asociada a la espera relativa y de la caracterización de las llegadas y los tiempos de servicio

- P : Productividad media del buque. Expresada en las mismas unidades que C_{LA} por hora de trabajo en la terminal
- F : Factor de conversión de proporción de llegada de tipo de contenedores (20'-40')
- T_{α} : Horas operativas de la terminal al año

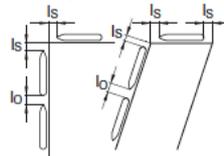
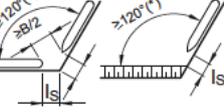
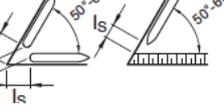
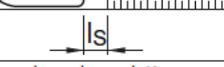
Por tanto, cada factor se calcula de la siguiente forma:

El **número de atraques (N)**, se calcula en como el cociente de la longitud de la línea de atraque, la eslora del buque tipo y de los resguardos de seguridad.

$$N = \frac{\text{Longitud de la línea de atraque}}{\text{Eslora buque tipo} + (2 * L\text{separación})}$$

En la nueva terminal de contenedores, el único dato conocido es la longitud de la línea de atraque. Puesto que la eslora del buque tipo debe ser seleccionada por el proyectista en función del buque tipo que se pretenda atracar en la terminal.

Puesto que se desconoce el buque tipo, se ha procedido a realizar un análisis de dicho parámetro atendiendo a la ecuación anterior. Además, para obtener la longitud de separación se adquiere de la siguiente tabla extraída de la ROM 2.0-11.

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 ⁽¹⁾
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)  VALOR DE ESCOLLERA AL CALADO REQUERIDO POR EL BUQUE DE DISEÑO	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.
 (2) Manga del barco mayor que afecta a la determinación de la dimensión analizada.
 (*) El ángulo se entenderá limitado a 160°. Para ángulos mayores se aplicará el (1).

Ilustración 72. Resguardos en planta recomendados en línea de atraque. Fuente: ROM 2.0-11

Ya que, el calado en la zona de la nueva terminal es de 26 m, no existe limitación por calado para el atraque de buques grandes. Sería posible atender a los buques más grandes del mercado como a los de tamaño medio. A continuación, se muestran 3 rangos de esloras:

ESLORAS (m)	RESGUARDO (m)	Nº DE ATRAQUES
>300	30	2
300-201	25	3
201-151	20	4

Tabla 26. Número de atraques en función de las esloras

Con dichos resultados, se definirán los buques tipos en función de dichas esloras:

- Buque MSC Gülsün: eslora 400 m y capacidad mayor de 23.000 TEUs
- Buque Post-Panamax: eslora 290 m y 5.000 TEUs
- Buque Feeder: eslora 160 m y 800 TEUs

La **tasa de ocupación admisible (ϕ)** significa la congestión de la terminal a través de un estadístico, que va asociada a un número de atraque, es decir, en una determinada calidad de servicio asociada a una espera relativa (ϵ_r). Esta mide los tiempos de espera entre los tiempos de servicio, que se traduce en el tiempo que esta atracado el buque (T_e/T_s). Para calcular dicho valor es necesario obtener:

- Nº de atraques (N)
- Función de distribución de las llegadas de los buques, que puede ser exponencial (M) o *Erlang* de orden K (E_k) en función del orden de la regularidad de llegadas
- Función de distribución de los tiempos de servicio de los buques que suelen ser con la función *Erlang* (E_k), estando su valor entre 4 y 7

Se ha procedido a la consulta de bibliografía especializada para poder determinar las funciones más acordes al uso de la nueva terminal. Asumiendo que la llegada de los buques es de una distribución exponencial y que los tiempos de servicio se distribuirán de forma Erlang, optando por un valor de 4 y que, por tanto, se regirán mediante un distribución M/E₄/N.

Cuando se trata de terminales de contenedores, la espera relativa admisible asumida por los navieros es de 0,1, dicho de otra forma, el tiempo máximo que están dispuestos a esperar es, como máximo, del orden del 10% del tiempo que van a estar atendiéndole en terminal, por tanto, el tiempo que se exceda de ese valor es inadmisibile.

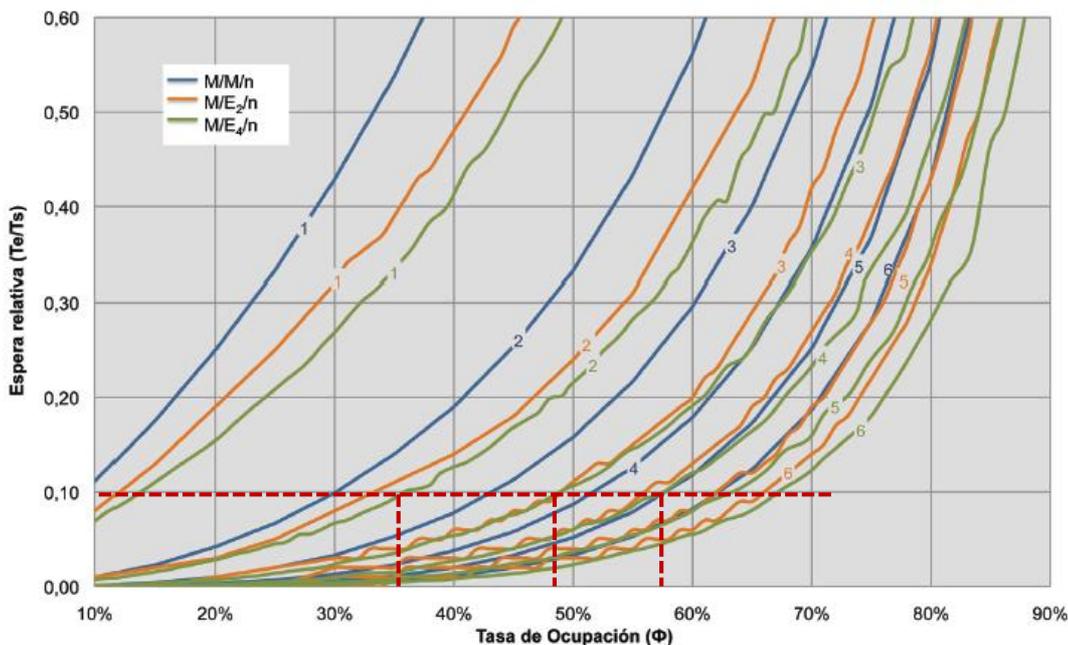


Ilustración 73. Correspondencia de las tasas de ocupación y la espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/N. Fuente: (Monfort 2011)

Asumiendo la distribución M/E₄/N, con los atraques obtenidos en función de la eslora del buque que se escoja, en función del anterior gráfico, se obtendrá la tasa de ocupación siguiente:

Tasa de ocupación ($T_e/T_s=0,1$)	N=2	N=3	N=4
M/E ₄ /n	35%	49%	58%

Tabla 27. Número de atraques en función de las esloras. Fuente: elaboración propia

La **productividad anual media del buque atracado (P)**, es la relación entre la producción anual (movimiento en contenedores) y la suma de los tiempos brutos de atraque en un año. Se contabilizan los contenedores de origen y destino terrestre y los transbordo, que son computados en la carga y la descarga.

La productividad media depende del número y tipo de las grúas empleadas y de su productividad, de los tiempos muertos, de las distribuciones de buques de diferentes capacidades y de la productividad a la hora de ser operados por grúas, y del tamaño de las escalas, por lo que cuanto mayor es el número de movimientos a realizar, se necesita una mayor productividad. Por todo ello, se puede decir que es un parámetro difícil de estimar.

Se ha realizado investigación bibliográfica de algunas terminales automatizadas del mundo para obtener una productividad media de las grúas instaladas. Como resultado se ha obtenido que, la actualidad, se están trabajando productividades medias entre los 37 mov/h y los 50 mov/h (BEST, Maasvlakte II, QQCTN). Se asume una productividad media por grúa de 37 mov/h. Por tanto, para cada tipo de buque supuesto será una productividad distinta:

- Buque MSC Gülsün: Se sabe que se podrá atracar dos por escala, por tanto, la mitad de las grúas estarán disponible para cada uno. Teniendo una productividad anual media de 185 mov/h.
- Buque Post-Panamax: Se sabe que se podrá atracar tres por escala, por tanto, 3 de las grúas estarán disponible para cada uno. Teniendo una productividad anual media de 111 mov/h.

- Buque Feeder: Se sabe que se podrá atracar cuatro por escala, por tanto, dos de las grúas estarán disponible para cada uno. Teniendo una productividad anual media de 74 mov/h.

El **factor de conversión (F)**, es necesario para poder obtener la productividad en TEUs, en vez de contenedores horas. El dato se ha obtenido tras analizar los datos obtenidos por el Anuario Estadístico de los últimos 3 ejercicios de los que se tiene información, elaborado por Puertos del Estado, donde se establece lo siguiente:

Tráfico	TEU	Contenedor	Factor
2016	96.127	61.949	1,55
2017	89.931	61.445	1,46
2018	84.143	55.459	1,51

Tabla 28. Factores de conversión contenedores – TEU de los últimos ejercicios que existe información. Fuente: elaboración propia.

Obteniendo una media de entre los factores de conversión de los tres años analizados, da un valor de 1,51.

El **tiempo operativo de la terminal al año (T_a)**, se asume que se trabajará 24 horas al día, 7 días de la semana, 364 días al año, puesto que es una terminal automatizada en la que el personal es inferior en comparación con las convencionales. Obteniendo por tanto un rendimiento máximo de la terminal, resultando un total de 8.734 horas operativas al año.

Una vez definidos todos los parámetros se procede a obtener la capacidad de la línea de atraque:

	UD	ESLORAS		
		400 m	290 m	160 m
Número de atraque (N)	Ud	2	3	4
Tasa de ocupación admisible (ϕ)	%	35	49	58
Productividad media buque (P)	Cont/h	185	111	74
Factor de conversión (F)	-	1,51	1,51	1,51
Tiempo operativo terminal (T _a)	H	8.734	8.734	8.734
Capacidad línea de atraque (C_a)	TEU/año	1.707.890	2.151.941	2.264.174

Tabla 29. Capacidad de línea de atraque para los distintos tipos de buque. Fuente: Elaboración propia

Se obtendría una capacidad de línea de atraque que rondará los 2M TEU/año, una cifra razonable teniendo en cuenta el aumento de demanda futura que va a haber por la disposición de dicha terminal.

(2) Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento como se ha comentado anteriormente, junto con la capacidad de línea de atraque es el cuello de botella de las terminales. Por ello, se pretende aprovechar al máximo el suelo disponible.

El patio de almacenamiento se define como la superficie destinada al almacenamiento temporal de mercancías, así mismo se compone de la zona propiamente de almacenamiento, por viales y zonas de acceso terrestre de las mercancías e interconexión con el área de operación. Por ello, el diseño de la zona se hace adecuándose a la disponibilidad de suelo y nivel de servicio exigido, entre otros.

La capacidad de almacenamiento depende de (*Monfort 2011*):

- Forma de presentación de las mercancías.
- Densidad superficial y productividad del sistema de almacenamiento
- Altura de apilado

- Tiempo de estancia en terminal de mercancía
- Estacionalidad del tráfico
- Forma y dimensión en planta de la terminal
- Gestión del patio, principalmente el nivel de desarrollo del TOS

La **capacidad de almacenamiento anual** se calcula a partir de la siguiente expresión

$$C_p = N^{\circ} \text{ huella TEU} * h * \frac{365}{T_a} * K$$

Siendo,

- C_p : capacidad anual de almacenamiento de la terminal (TEUs anuales)
- N° de huellas_TEU (*ground slot*): número de posición o *slots* a nivel del suelo para un TEU que tiene la terminal. Considerándose que la superficie de una huella es de 15 m²
- h : altura operativa media de apilado (contenedores)
- K : factor operacional que minora la altura máxima para trabajar en condiciones operativas y reducir remociones. Su valor varía entre 0,55-0,7, dependiendo del equipo utilizado
- T_a : tiempo de estancia medio de los contenedores en la terminal o *dwell time* (días)

Se observa en la siguiente ilustración, los conceptos básicos necesarios para el cálculo de dicha capacidad de forma esquematizada:

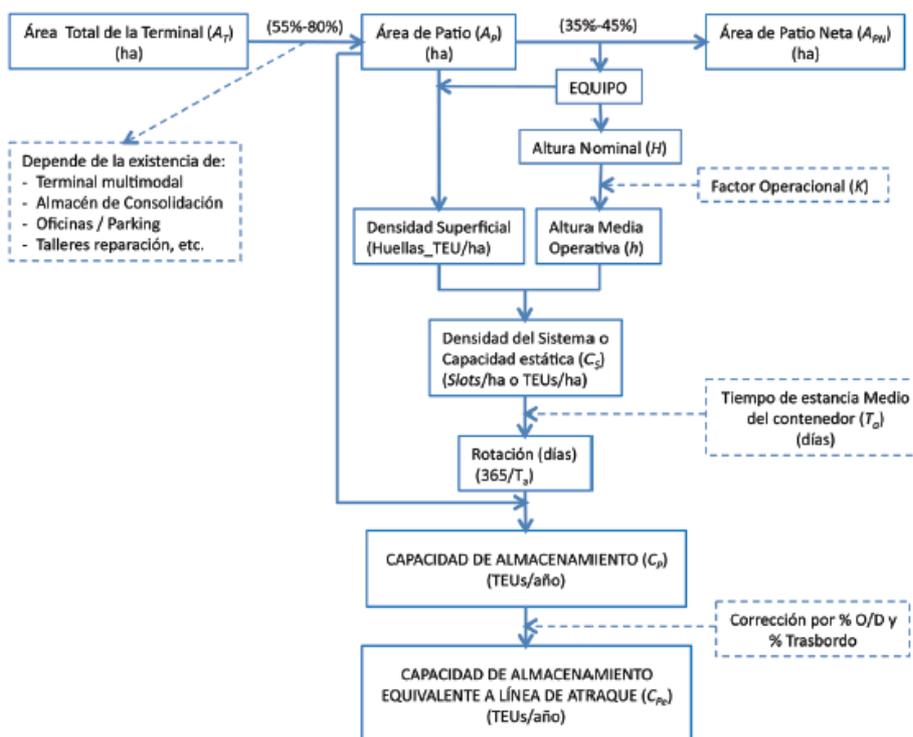


Ilustración 74. Capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores. Fuente: Fundación Valenciaport

Se divide el cálculo de la capacidad de almacenamiento de contenedores en llenos y vacíos, puesto que algunos de los parámetros son sensibles a dicho factor, como la altura de apilado o el tiempo medio de estancia en la terminal. También es importante para la distribución de la terminal, conocer el porcentaje aproximado de la mercancía destinada al transbordo y al *import/export*. De esta forma, los contenedores vacíos destinados a transbordo se apilarán junto a los contenedores llenos en el patio de almacenamiento en la zona más próxima al muelle, de forma que su operatividad sea más sencilla, mientras que los contenedores vacíos destinados a *import/export* se almacenarán independientemente.

El **tiempo de estancia medio de los contenedores (T_a)** varía en función del tipo de contenedores y condiciona la capacidad de almacenamiento de la terminal. Según el Manual de Capacidad Portuaria, tras haber realizado entrevistas a algunos operadores de TPC españoles, los tiempos medios de estancia por tipo de contenedor son: exportación (con carga 5-9 días y vacío 12-14 días), importación (con carga 8-10 días y vacío 15-20 días) y transbordo (con carga 4-7 días y vacío 20 días).

Así pues, se calcula los tiempos de estancia media de contenedores para el Puerto de Cartagena:

$$T_a = \frac{\text{contenedores con carga}_{\text{año 2018}} * T_{a,\text{con carga}} + \text{contenedores vacíos}_{2018} * T_{a,\text{vacíos}}}{\text{contenedores totales}_{2018}}$$

TRÁFICO	%	CONTENEDOR	Días de estancia	TEUs	% relativo	% del TOTAL	T_a (días)
Exportación	24%	Con carga	5 a 9	29.070	71%	17%	7
		Vacío	12 a 14	12.134	29%	7%	13
Importación	26%	Con carga	8 a 10	31.725	74%	19%	9
		Vacío	15 a 20	11.227	26%	7%	17
Transbordo	50%	Con Carga	4 a 7		85%	72%	5
		Vacío	20		15%	28%	20
TOTAL				84.156			8,6

Tabla 30. Tiempo de estancia media de contenedores en el Puerto de Cartagena. Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que la nueva terminal de contenedores va a tener un 50% de tráfico de transbordo y otro 50% *import/export* y teniendo en cuenta el Manual de Capacidad Portuaria y los datos de tráfico de contenedores extraído de la Memoria Anual 2018 del APC. En cuanto al tráfico de transbordo, existe un número de TEUs muy bajo respecto a los de importación y exportación, por ello, se ha tomado como referencia los porcentajes del Puerto de Valencia puesto que se comportará de forma similar (85% con carga y 15% vacíos). Se ha obtenido un tiempo de estancia medio de contenedores en el puerto de Cartagena de 8 días.

Posteriormente, se aplicarán tarifas disuasorias para disminuir el número de días de estancia de los contenedores y optimizar el aprovechamiento del área, de modo que el tiempo de estancia medio de contenedores será de 6 días.

La **altura máxima de apilado (h)** se define teniendo en cuenta las características de las grúas escogidas en puntos anteriores. Por tanto, la altura máxima de apilado definida para grúas ASC gemelas no pasante de la compañía Künz es de 5 contenedores.

El **Factor Operacional (K)**, se ha obteniendo teniendo en cuenta la tabla siguiente del Manual de Capacidad, en la que la grúa escogida para (ASC gemelas Künz) no aparece, sin embargo, cuenta con el ancho idéntico de la grúa RMG 9 pero permite una altura más de apilado. Por ello, se ha escogido un valor de 0,6.

	Densidad superficial de patio (h·TEU/ha)	Altura máxima de apilado	Capacidad absoluta máxima (TEU/ha)	Factor operacional K (%)	Picos máximos de ocupación recomendados (%)	Media de capacidad (TEU/ha)	Capacidad en los picos (TEU/ha)	Capacidad estática de patio (TEUs/ha)
Reachstacker, bloques de 3 de ancho / 3 de alto	258	3	774	55	85	426	658	425
Straddle carrier 3 de alto (1 sobre 3) Espacio por fila contenedores: 4,1 m	265	3	795	60	80	477	636	475
RTG 6-ancho (1 sobre 4)	268	4	1.072	60	75	643	804	650
RTG 7-ancho (1 sobre 5)	286	5	1.430	55	75	787	1.073	800
RMG 9-ancho (1 sobre 4) Transferencia en las cabeceras de la pila	384	4	1.536	70	85	1.075	1.306	1.075
RMG 12-ancho (1 sobre 6) Transferencia en el lateral de la pila	291	6	1.746	60	85	1.048	1.484	1.050
WSG 18-ancho (1 sobre 5) + Buffers al lado de 3-ancho / 3-alturas	337	5	1.685	65	85	1.095	1.432	1.095
OBC 9-ancho o MT 10-ancho (1 sobre 4) Transferencia en las cabeceras de la pila	432	4	1.728	70	85	1.210	1.469	1.200
MT-stacker (8 profundo / 7 alturas)	375	7	2.625	65	90	1.706	2.363	1.700

Ilustración 75. Valores estimados del factor operacional en función del equipo de patio empleado por Wieschmann y Rijsenbrij (2004).
Fuente: Manual de capacidad portuaria

El **número de huellas TEU** se define en función de la superficie disponible de la terminal. Si es cierto, que para el diseño de la nueva TPCA de puerto de Cartagena, no hay límite ya que se ubica en una zona donde se pueden "coger" metros de mar abierto. No obstante, siempre se debe minimizar el coste y aprovechar el espacio. Por tanto, las dimensiones de las que se dispondrá en la terminal son las siguientes:

Áreas de la terminal	Disposición de patio en perpendicular
Área de operaciones	71 m
Área de interconexión marítima	45 m
Área de interconexión terrestre	30 m
Área de circulación recepción/entrega	
Viario	28 m
Estación de ferrocarril	55,5 m

Tabla 31. Distribución de la terminal. Fuente: Elaboración propia

El almacenamiento de contenedores, tanto cargados como vacíos de transbordo se realizará en slots y serán manipulados por las grúas ASC.

Teniendo en cuenta que la línea de atraque tiene 900 m y las grúas ASC son capaces de dar servicio a 9 contenedores de 20' dispuesto a lo ancho, separados 0,40 m y considerando una separación entre bloques de 4 m: la nueva terminal será capaz de albergar un máximo de 23, teniendo en cuenta que bloque o *slot*, son el conjunto de contenedores que puede manipular una sola ASC.

Se dispone de una longitud de 350 m de longitud, puesto que es muy utilizado en terminales automáticas de estas dimensiones, y cuenta con una mayor eficacia en cuanto a motivos de logística y operatividad. De esta forma, los bloques quedan distribuidos a lo largo de la línea de atraque y los equipos de almacenamiento recorrerán distancias más cortas. Por otro lado, los equipos de interconexión podrán acceder a la zona de operaciones.

En resumen, colocarán bloques de 350 m de largo y 30 m de ancho, separados 4 metros, es decir, 23 bloques de 48 x 9 contenedores. A continuación, se observa una tabla resumen del cálculo de la capacidad de almacenamiento:

UD		
Nº de huellas_TEU	-	9.936
h	Contenedores	5
T _a	Días	6
K	-	0,6
C_p	TEU/año	1.813.320

Tabla 32. Cálculo de la capacidad de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la nueva terminal contará con una superficie de patio de almacenamiento de 295.000 m² con 23 bloques en disposición perpendicular al muelle, con dos grúas ASC gemelas en cada bloque, teniendo un total de 46 grúas.

Los contenedores quedarán dispuestos de la siguiente forma:

- Los contenedores *reefer*, puesto que están equipados con un motor refrigerador se colocarán en las filas más cercanas al área de interconexión terrestre, ya que es donde se ubicará la toma de corriente.
- Los contenedores de mercancías peligrosas serán almacenados en las filas próximas a la zona de interconexión marítima al este de la terminal
- Se reservar una zona de almacenamiento para los contenedores vacíos de *import/export* para que se puedan revisar, reparar y almacenar hasta que se vuelvan a utilizar.
- Se reserva una parte en la zona oeste del patio de almacenamiento al lado de los vacíos, para los contenedores especiales (*open top, open side, flat rack*, etc) que no se pueden apilar.

VII.2.c Subsistema de interconexión

El número de equipos de interconexión para realizar la interfase muelle-patio de almacenamiento, se define en función de la productividad media de cada grúa de muelle. Dicha productividad, definida anteriormente, es de 37 mov/h.

Siguiendo las recomendaciones expuestas en el artículo de investigación *The Design and Assesment of Next Generation Automad Container Terminals* (Saanen, Y., van Meel, J. y Verbraeck, A., 2001 desarrollado conjuntamente por la Autoridad Portuaria de Róterdam y la Universidad de Tecnología de Delf, se considera obtener 4 equipos de interconexión AGV por cada grúa de muelle. Por tanto, teniendo en cuenta que se van a instalar 9 grúas de muelle serán necesarios 36 equipos, añadiendo un 10% más, es decir, 4 equipos para posibles imprevistos. Por tanto, se adquirirán un total de **40 equipos de interconexión**.

VII.2.d Subsistema de recepción y entrega

Se va a proceder al dimensionamiento en planta de la zona destinada a la entrega y recepción de los contenedores realizada en la puerta terrestre por los camiones. Se opera de la siguiente forma; los camiones acceden a la terminal por las puertas de entrada, situadas al inicio de la terminal ubicadas de la forma más sencilla e intuitiva.

Para el diseño de la nueva terminal de contenedores, se van a colocar 3 carriles de circulación de 4 m de ancho, siendo 1 de estos adyacente para que los camiones puedan maniobrar en su aproximación a la zona de interconexión terrestre. Para la salida, se van a colocar 4 carriles de circulación de 4 m de ancho, donde 1 de ellos atenderá a lo que se llama puerta desatendida por donde saldrán la cabeza tractora sin contenedor después de haber descargado o los camiones que no precisen inspección, y los otros carriles, los camiones cargados, antes de la salida, pasan por el área de inspección aduanera (AIA). De forma que los carriles quedan repartidos de la siguiente manera (Plano 07):

- 2 carriles de circulación de entrada
- 1 carril adyacente para la maniobra en dirección de entrada
- 1 carriles de circulación de salida sin inspección
- 2 carriles de circulación de salida cruzando la AIA

El funcionamiento de circulación se describe a continuación, además de los tres circuitos aduaneros de circulación de salida:

1. El camión ingresa a la terminal por las puertas de entrada con bloque y hora de carga o descargada de contenedor asignado.
2. El camión que accede por los carriles de circulación de entrada, utiliza el carril adyacente para maniobrar hacia el bloque asignado.
3. Cuando el camión ya esta situado en la zona de transferencia del buque correcto, el conductor introduce los datos identificación del contenedor en el panel de control
4. La grúa ASC del bloque asignado, comprueba la información y situación del camión. En el caso de que se trate de una carga, la grúa ASC cogerá el contenedor y lo traslada hasta la vertical del camión para colocarlo. Por el contrario, si se trata de una descarga, se realiza el proceso inverso.
5. Una vez se finalizada la operación anterior, el camión sale de la terminal siguiendo uno de los 3 circuitos que el TOS le haya indicado:
 - a. CIRCUITO VERDE: No se realiza control, ya bien porque la cabeza del camión no vaya cargada de un contenedor o por no ser necesario que pase por el AIA. Por tanto, el camión efectuará la salida por el carril de salida más próximo a la terminal
 - b. CIRCUITO AMARILLO: El camión debe pasar una inspección documental. Por tanto, el camión efectuará su salida de la terminal por uno de los dos carriles de salida con AIA
 - c. CIRCUITO ROJO: El camión tiene que pasar una inspección física y documental. El camión efectuará su salida por los dos carriles con AIA, pero primero deberá parar y ser inspeccionado por la aduana.

El dimensionamiento del subsistema de recepción y entrega se detalla en los planos.

VII.3. Accesos terrestres

VII.3.a Por carretera

El puerto de Cartagena se encuentra en un entorno de grandes líneas de conexión terrestres. Como se puede observar en la Ilustración 76 extraída de la Memoria anual del APC del 2018, las dos carreteras principales que llegan a Cartagena son:

- La autovía A-30 Madrid – Albacete – Murcia – Cartagena
- La N-332 que viene desde Andalucía por el Oeste y conecta con la autopista AP-7 Cartagena – Alicante en dirección Este.

El eje principal, que va hacia Murcia, es una autovía que enlaza con la de Alicante – Murcia – Puerto Lumbreras, que se une con Andalucía. Dicha autovía, penetra en Cartagena por dos accesos, uno por la ciudad y otro por Santa Lucía directamente al Puerto por la CT-33.

Esta salida del Puerto se enlaza con otra salida desde la dársena de Escombreras, con lo que todas las mercancías tienen una evacuación directa sin entrar en la ciudad. Por el Oeste, existe un enlace con la autovía Murcia – Andalucía a través de la carretera Cartagena – Fuente Álamo – Alhama, en mejores condiciones que la que se extiende por la costa a través de Mazarrón.



Ilustración 76. Plano de accesos al Puerto de Cartagena. Fuente: Memoria anual APC 2018

La nueva terminal de contenedores se ubica en la dársena de Escombreras, que se une con la dársena de Cartagena a través de la carretera de servicio de la costa, que es propiedad de la Autoridad Portuaria de Cartagena. Dicha carretera llega hasta la entrada de la terminal petrolífera, con viales dentro de los muelles con circulación restringida por razones de seguridad, además existe un ramal de acceso a los muelles Príncipe Felipe e Isaac Peral y a la terminal de Enagas. Siguiendo la carretera CT-34 de Escombreras Alumbres se enlaza con las autovías de salida del Puerto y de Cartagena.

En cuanto al acceso a la terminal se resalta la segregación entre la entrada de camiones y personal administrativo con el objetivo de organizar los flujos de manera eficiente, cada sector contará con puertas independientes.

La falta de datos acerca del tráfico por carretera que entra en el puerto y que entrará en la terminal, conlleva a realizar una estimación en función de la capacidad de almacenamiento de la terminal. Por ello, se ha igualado el tráfico de mercancía de la terminal a la capacidad de almacenamiento y se ha aplicado el porcentaje de tráfico de *import/export* que se espera para la terminal, siendo este el 50% del total. Por tanto, se parte de una capacidad de recepción y entrega de 906.660 TEU/año, y aplicando el factor de conversión TEU – contenedor de 1,51, se obtiene 600.437 cont/año.

Asumiendo que el puerto recibe un flujo de camiones los 365 días que la terminal esta operativa. No obstante, suponer que el flujo de camiones es constante en intensidad a lo largo del año es ilógico, por ello y con el objetivo de considerar picos de llegada más elevados en determinadas temporadas, se tendrá en cuenta un total de 260 días laborales. Por tanto, se calcula la IMD de la siguiente forma:

$$IMD = \frac{906.660}{260} = 2.309 \text{ veh/día}$$

Se desconocen los registros sobre la intensidad media horaria de los camiones que llegan a la terminal, por lo que se van a evaluar cuáles serán los picos de máxima intensidad de llegadas. Lo más probable es que el mayor porcentaje de la mercancía proveerá o será destinado a Madrid. La distancia entre ambas ciudades es de 440 km y con condiciones normales de tráfico, un camión podrá recorrerse dicho trayecto en aproximadamente 4 horas y media. De forma que, si la mercancía se recoge a primera hora o a principios de la tarde, los camiones llegarán a mediodía o a última hora de la tarde. Se concluye que la máxima intensidad de llegadas se producirá a las 8.00 h y a las 17.00 h.

Por motivos de seguridad, se precisan puertas en las zonas de entrada y salida de vehículos pesados. Las instalaciones deben ser de fácil acceso y amplias para poder maniobrar si es necesario. Para dimensionarlas, se considera la hipótesis de que cada camión está en la puerta de entrada 1 minutos, de forma que cada puerta tendrá una capacidad para 60 camiones a la hora. Partiendo de una intensidad máxima de llegada de 300 camiones/hora:

$$\text{Número de puertas} = \frac{300}{60} = 5 \text{ puertas}$$

Para evitar la saturación de las puertas de acceso terrestre a la terminal, se plantean 5 puertas de entrada y 4 de salida. Además, en la puerta de entrada de acceso a la terminal, se habilita un aparcamiento de 7 plazas para posibles inclemencias que se puedan derivar de la actividad, como son retrasos, asignación de bloque, etc. Y cuenta con una superficie de 2.070 m².

VII.3.b Por ferrocarril

“El ferrocarril es de gran relevancia para el transporte de mercancías, y en colaboración con el modo marítimo, permite no solo el transporte más ágil, sino contribuir al medio ambiente” según la presidenta de APC.

La zona de influencia del Puerto de Cartagena está cruzada por la línea Madrid – Murcia – Alicante – Cartagena, que esta enlazada por ferrocarril con RENFE mediante una vía de ancho normal. Existiendo, además, el ferrocarril de vía estrecha de Cartagena a Los Nietos en el Mar Menor, que enlaza la Sierra Minera con Cartagena sin conexión con el Puerto.

Cabe destacar que a finales de febrero de este mismo año el Puerto de Cartagena ha concluido las obras de nuevo acceso ferroviario a Escombreras, suponiendo el comienzo de la puesta en funcionamiento de la terminal ferroviaria que gestionará la operativa de carga y descarga de mercancías en el ámbito de la logística ahorrando costes económicos y medioambientales.



Ilustración 77. Nuevas conexiones ferroviarias. Fuente: APC

La nueva infraestructura de la APC enlazará con la línea Cartagena – Murcia – Madrid. Extendiéndose hasta la estación de ADIF en la dársena de Escombreras, donde se implantará la nueva terminal de contenedores. Asimismo, se ha mejorado la superestructura existente de todo el conjunto, incluyendo balasto, carriles, traviesas, señalización y elementos de seguridad.

De esta forma se concluye la conexión ferroviaria de la dársena de Escombreras, dotándola de los elementos necesarios para fomentar la intermodalidad y permitir ofertar el embarque de mercancías por la línea existente en dirección a Madrid o a salidas que esta teniendo tradicionalmente, siendo una conexión también imprescindible del Corredor Mediterráneo.

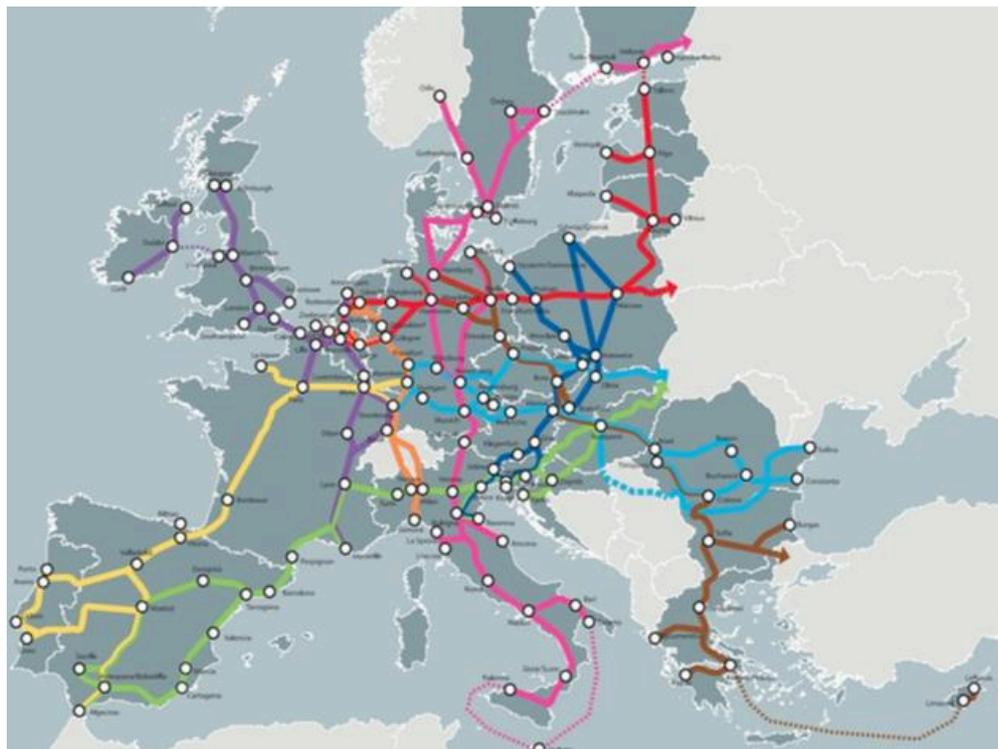


Ilustración 78. Red Transeuropea de Transporte TEN-T. Fuente: Comisión Europea

Por tanto, estas nuevas conexiones permitirán la comunicación del puerto con el Corredor Mediterráneo, conectando Cartagena con toda la red española y europea. El corredor Mediterráneo permite el tránsito de mercancías en un primer nivel con el litoral del mediterráneo y con Francia, y en un segundo nivel, a través de las interconexiones con los principales corredores, es decir, la zona de influencia abarca toda Europa.

(1) Diseño de la estación de ferrocarril en la nueva TPCA

El diseño de la terminal se adaptará a las tendencias, recomendaciones y políticas legisladas a nivel nacional y europeo, además a la normativa estipulada por la APC. Será la APC quien se encargue de la conexión de la terminal con el resto de la Red Ferroviaria del puerto.

Con todos los subsistemas desarrollados y dimensionados, se debe considerar la solución más óptima donde poder colocar la terminal ferroviaria con las condiciones de contorno impuestas por todas las infraestructuras calculadas anteriormente.

Definidos estos condicionantes que se imponen para el diseño del patio de contenedores, accesos y zonas de operación, se elige el espacio donde poder albergar trenes de 750 metros de longitud para poder dar servicio a tráficos ferroviarios previstos para la RFIG.

Los flujos paralelos al patio de almacenamiento son los que mejor funcionan para transferir los contenedores desde dicho subsistema a la zona de ferrocarril. Como consecuencia, de las características de la TPCA, se ubicará la estación ferroviaria adosada al subsistema de recepción y entrada para facilitar de esta forma las operaciones que los vehículos automáticos llevarán a cabo.

Por tanto, se ubicará la playa de vías paralela a los viales de recepción y entrega y perpendicular al subsistema de almacenamiento de contenedores, tal y como se puede observar en Ilustración 79.

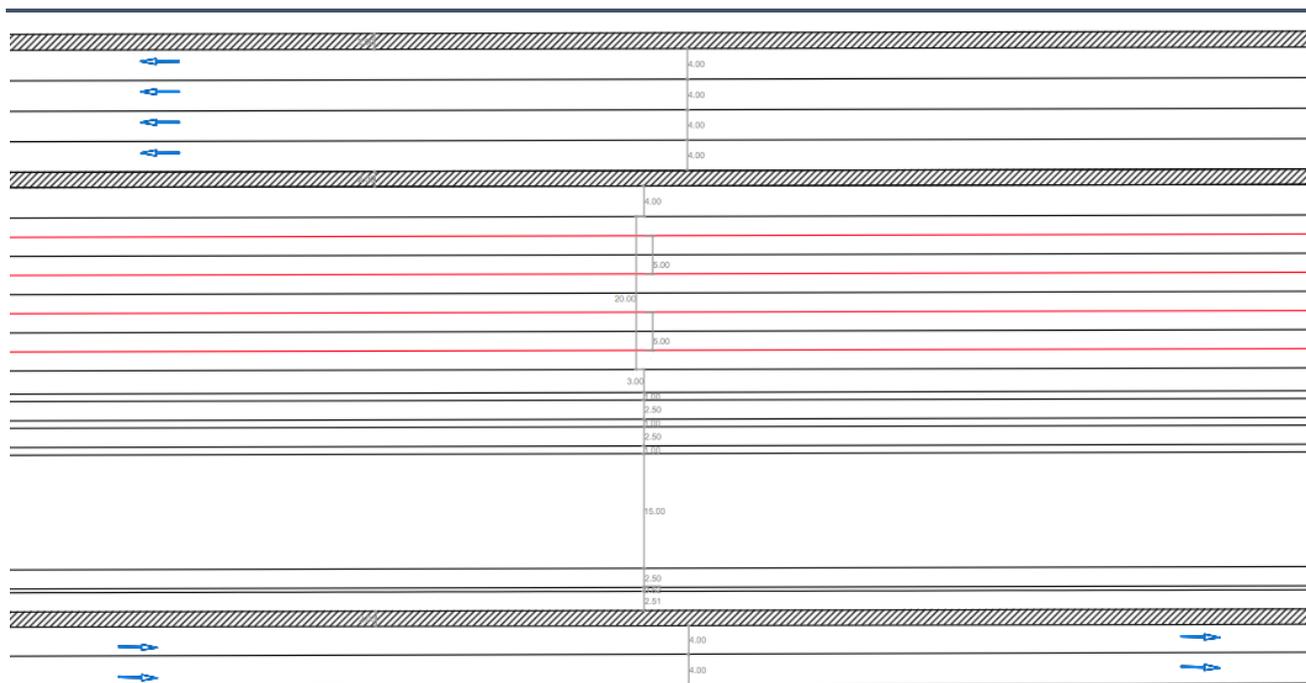


Ilustración 79. Ubicación zona de ferrocarril. Fuente: elaboración propia

A continuación, se procede al dimensionamiento de la terminal ferroviaria, por ello se definirán el número de vías, los equipos de interconexión que manipularán la mercancía y el volumen de tráfico que se pretende mover.

La manipulación de contenedores entre el patio y el ferrocarril, se realizará mediante vehículos eléctricos automatizados L-AGV, por su capacidad para depositar y cargar contenedores por sí mismo, de forma que atraviesan los carriles por donde pasan los camiones, por ello, con el fin de que no se produzcan colisiones, se colocarán semáforos para los camiones que se pondrá en rojo cuando pasen los vehículos automatizados. Por otro lado, la carga y descarga de contenedores del ferrocarril se realizará mediante grúas automatizadas RMG.

El espacio entre ejes centrales de la vía queda definido en 5 m y se reserva una distancia de 3 m en cada lado de carga y descarga para ubicar el carril restante de la grúa RMG. Al lado de la playa de vías se colocarán 2 carriles de 4 m de ancho destinados a la carga y descarga de contenedores al ferrocarril. Además, en el interior de cada carril habrá un pasillo de 2,5 m de ancho donde se podrán almacenar contenedores. A continuación de los carriles de recepción y entrega se sitúa un área de almacenaje temporal para 2 filas de contenedores. Y, por último, se deja un ancho de 15m, destinado a la circulación de la maquinaria entre la zona de carga y descarga y la zona de almacenaje. Con todos estos datos se define un total de vías en la playa de 4 m.

Terminal de ferrocarril	
Ancho total FFCC	55,5
Manipulación horizontal	AGV
Carga/descarga	RMG automatizada
Ancho de los ejes	5 m
Carril interior grúa	3 m
Carril exterior grúa	4 m
Zona carga/descarga	8 m
Almacenaje temporal	5,5 m
Zona de circulación	15 m
Número de vías	4

Tabla 33. Distribución de la superficie de la terminal ferroviaria. Fuente: Elaboración propia

VII.4. Instalaciones auxiliares

En dicho apartado se procede a describir las instalaciones auxiliares necesarias para la actividad de la nueva terminal de contenedores automatizada

VII.4.a Oficinas

La zona reservada para las oficinas se situará al sudoeste de la terminal, cerca de los accesos de los vehículos. En las oficinas se realizarán las actividades y trámites administrativos, así como la relación con los clientes. Se destina para el edificio de oficinas y aparcamiento para los trabajadores una superficie de 4809 m², de estos ocupan 2.400 m² las oficinas.

VII.4.b Área de Inspección Aduanera (AIA)

El área de inspección aduanera, es donde se realizan los controles de las mercancías, que cuenta con un sistema electrónico que facilita las tareas de inspección a todos los agentes implicados. Se ubicará al lado de las puertas de salida y se destinará una superficie de 6.804 m². Estará formado por 32 plazas de inspección para camiones y 20 plazas de aparcamiento para el personal del AIA.

VII.4.c Taller y aparcamiento de maquinaria

Los talleres se situarán en la esquina Noreste de la terminal, de forma que no interrumpa el resto de actividades de la terminal y tengan acceso directo desde el área de operaciones. En dichas instalaciones se realizarán los trabajos de mantenimiento y reparación de toda la maquinaria de la terminal. Se destinará una superficie de 8.000 m².

Al lado de las instalaciones del taller, se ubicará el aparcamiento de maquinaria, para el que se destinará una superficie de 8.573 m².

VII.5.Redes y servicios

En el presente apartado, se procede a describir brevemente las instalaciones de servicios necesarios para el funcionamiento de la terminal

VII.5.a Red eléctrica

La red de iluminado debe contar con un nivel lumínico en toda la terminal superior a 20 lux, excepto en la zona de almacenamiento. Ya que, las grúas de almacenamiento ASC tienen iluminación propia, y es por ello, que no necesitan alumbrado adicional.

Las luminarias se realizarán con materiales resistentes a las acciones externas y se protegerán contra dichas acciones, impidiendo la entrada de agua de lluvia o acumulación del agua de condensación. Las cimentaciones, anclajes y soportes de estas, se dimensionarán teniendo en cuenta la acción del viento, de forma que resista las solicitaciones.

En el patio, las farolas de báculo doble se ubicarán entre los bloques de contenedores garantizando la iluminación en las zonas de interconexión tanto marítima como terrestre. En cuanto, a los viales de la entrada a la terminal, a los talleres y a las oficinas, se colocarán farolas de un báculo.

Las zonas de instalaciones auxiliares, tendrán una entrada con toma de electricidad contador, cuadro de mando y su protección. Se realizará la instalación en paralelo para evitar que si falla afecte a su totalidad.

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán los Reglamentos Electrónicos para Alta y Baja Tensión y demás de normas vigentes en el momento de ejecución de la obra.

VII.5.b Red de posicionamiento

La red de posicionamiento es necesaria para que el TOS tenga controlada, en tiempo real, la posición exacta de cada elemento y equipos automáticos. De esta forma, los operarios tendrán un control continuo de los estos. Para ello, se utilizará cableado de fibra óptica.

VII.5.c Red contraincendios

La red de extinción contraincendios es imprescindible, en una terminal como esta ya que se manipulan mercancías peligrosas y la maquinaria funciona por energía eléctrica. Es por ello, que se ubicará, en la zona sud del área de operaciones, una bomba de extracción de agua de mar que se conectará con tuberías de PVC para ser transportada. Además, se colocarán hidrantes en las instalaciones auxiliares con el fin de atender cualquier zona que se pueda ver afectada.

Se colocará una válvula en cada codo de seccionamiento para el agua circule hacia la dirección idónea y más rápida, para combatir el problema.

VII.5.d Red de abastecimiento de agua

La de abastecimiento de agua potable ira conectada a la Red General de la Autoridad Portuaria de Cartagena. Para el abastecimiento de agua se utilizarán tuberías PVC y para la distribución y transporte de agua se emplearán tuberías de polietileno de alta densidad. Estos materiales se utilizan para proteger los ataques químicos y crecimiento de microorganismos.

Las tuberías de la red vertical irán sujetas a los pilares y se protegerán con envolturas mayores de 15 cm de hormigón. Mientras que las tuberías de la red horizontal quedarán sujetas sobre soleras de hormigón niveladas según las pendientes necesarias, y se protegerán de la misma forma que las de la red vertical.

VII.5.e Red de drenaje

La red de drenaje de aguas pluviales o superficiales que se definen como aguas blancas, y la red de saneamientos de denominadas aguas negras, están divididas.

De forma que para las aguas blancas se utilizará un sistema de pendientes transversal para evacuarlas, de modo que se evitan los estancamientos que puedan bloquear las operaciones de los equipos automáticos. Por tanto, las aguas pluviales discurrirán hacia los puntos más bajos de la terminal, donde se conducirán hasta el más mediante las arquetas desagües y las tuberías.

Se deberá emplear un material de polietileno de alta densidad, con buena resistencia, flexible, liviano, y como se ha comentado en otras redes, resistente a agentes químicos y a la abrasión puesto que, es imprescindible utilizar un material de estas características ya que se encuentra muy próximo al mar.

Por otro lado, para el saneamiento de las aguas negras se utilizarán tuberías de PVC con sifones para evitar el mal olor y se colocarán arquetas de registro en todos los codos que desarrolle.

08

Conclusiones

VIII. CONCLUSIONES

Las Terminales Portuarias de Contenedores (TPC) tratan de adaptarse a las nuevas necesidades de las navieras, apostando en gran parte por la automatización. Puesto que, los buques portacontenedores están en un constante crecimiento cuyo objetivo es transportar el mayor número de contenedores, las terminales tienen la obligación de albergar toda la mercancía, y es por ello que se necesita un mayor número de grúas por buque para mejorar el rendimiento y evitar congestiones.

La competencia del sector en el Mediterráneo es muy clara, y es necesaria la transformación de los puertos españoles para poder competir y dar el salto de terminales semiautomatizadas (TTI y BEST) a completamente automatizadas. Para las terminales de contenedores automatizadas es imprescindible el control de los subsistemas mediante la ingeniería informática que es fundamental en estas terminales, mientras que en las convencionales es la ingeniería civil y mecánica.

En las Terminales Portuarias de Contenedores Automatizadas es necesario contar con un Sistema Operativo de la Terminal (TOS) para poder gestionar la información general de la operativa de la terminal, conectando y controlando el software de cada equipo.

El puerto de Cartagena está llegando al punto de saturación de la terminal, por ello, es necesaria su ampliación, o en este caso, la construcción de una nueva terminal de contenedores en el Puerto de Cartagena. Además, que se prevé un aumento de tráfico en los próximos años por los siguientes motivos:

- La ubicación del puerto es cercana a las grandes rutas que transitan por el estrecho de Gibraltar, lo cual le permite captar tráfico import/export y de transbordo
- Las importaciones y exportaciones de los últimos años, en España, son creciente y se prevé que continuarán aumentando
- Las desventajas de los puertos competidores del ámbito, como son:
 - La totalidad del tráfico de Algeciras es de *transbordo*
 - Las terminales del puerto de Valencia están rondando el 100% de su capacidad, aunque actualmente ya se está tramitando la licitación de una nueva terminal.
 - La localización del puerto de Barcelona se encuentra alejada del Estrecho de Gibraltar

Por todo ello, el puerto de Cartagena es idóneo para albergar la nueva terminal de contenedores que se ubicará en la dársena de Escombreras ya que cuenta con un mayor número de ventajas respecto a otras opciones, como son: mayor calado y apertura de la bocana, mejores accesos por vía terrestre (carretera y ferrocarril) y mayor facilidad de ganar terreno al mar puesto que se trata de la dársena más exterior.

En cuanto al dimensionamiento de la terminal, la disposición de los bloques de contenedores del patio de almacenamiento se ha optado por ser perpendicular al muelle al obtener una mayor optimización del espacio. Esta disposición es ventajosa, puesto que facilita la implementación de los Sistemas de Operación de Terminales (TOS) en los AGVs.

Por otro lado, se considera que el acceso a la terminal precisará de un mayor número de accesos por carretera permitiendo, de este modo, una accesibilidad más cómoda que la existente, ya que en la actualidad únicamente se encuentra el Dique suroeste de la dársena con un muelle de espera.

En cuanto al coste inicial de la terminal automatizada, suele ser elevado, siendo probablemente superior a un 25% de una terminal convencional. Sin embargo, dicho coste se compensa en reducciones de personal. Los puertos que actualmente, cuentan con una terminal automatizada han conseguido disminuir hasta un 70% el personal portuario, por ejemplo, el puerto Qingdao Qianwan Container (QQCTN) en China. Sin embargo, con lograr una reducción mínima de 40% de costes en dicho sector, la terminal ya sería rentable.

En términos generales, se espera conseguir un mayor tráfico import/export y de transbordo, además, que la planificación sea más sencilla y como consecuencia, que se reduzcan costes de manipulación y mantenimiento de equipos, y conseguir que el puerto de Cartagena sea un referente en tráfico de contenedores tanto del Mediterráneo como del mundo.

VALENCIA, JUNIO 2020



Fdo: M^aÁngeles Payá Jover

09

Referencias

IX. REFERENCIAS

- Aguilar, J. (2017). Apuntes de la asignatura: Tráfico marítimo y terminales portuarias. 1er curso de la titulación de Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo. Curso 2017-2018. Universitat Politècnica de València.
- Aguilar, J. (2018). Apuntes de la asignatura: Puertos y Costas. 1er curso de la titulación de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, curso 2017-2018. Universitat Politècnica de València.
- Autoridad Portuaria de Cartagena. <<http://www.apc.es/>>. [en línea]. Consulta: 20/05/2020
- Autoridad Portuaria de Cartagena. Presentación en Power Point de Puerto de Cartagena
- Armistead, C. J. (1989). The Design and Assessment of. *Quantum*, 2(6).
- Arzo Martí, R. (2018). Estudio para la mejora de la explotación del tráfico de contenedores en el Puerto de Cartagena. Análisis competitivo respecto de las principales terminales del sistema portuario español. Tutor: Dña. Esther Gómez Martín. Trabajo Fin de Máster. Universitat Politècnica de Valencia
- Colomer, José V. (2017). Apuntes de la asignatura: Logística y transporte de mercancías. 1er curso de la titulación de Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo. Curso 2017-2018. Universitat Politècnica de València.
- Coma, M. (2015). Influencia De Los Sistemas De Automatización Aplicados En La Gestión De Las Nuevas Terminales De Contenedores. Director: D. Jesús E. Martínez Marín. Proyecto Final de Carrera. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015.
- ComercioExterior.la. ¿Qué es el Transporte Marítimo en el Comercio Internacional? <https://comercioexterior.la/transporte-maritimo/#Transporte_maritimo_Pilar_del_comercio_internacional>. [en línea]. Consulta: 10/03/2020
- Development, U. N. (2018). Informe sobre el Transporte Marítimo del 2018. UNCTAD. Unite Nations Conference of Trade and Development.
- Díaz Durán, Lourdes (2019). AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR DE LA ESTIBA. Trabajo Fin de Beca. Universidad Politécnica de Madrid
- Economipedia. Comercio internacional. <<https://economipedia.com/definiciones/comercio-internacional.html>>. [en línea]. Consulta: 10/03/2020
- El Salto. El deshielo abre la última frontera. <<https://www.elsaltodiario.com/hemeroteca-diagonal/deshielo-abre-ultima-frontera-artico>>. [en línea]. Consulta: 08/04/2020.
- Fernández Rubio, G. Estudio de la viabilidad técnica y económica para el establecimiento de una terminal de contenedores automatizada en el Mediterráneo español. Director: D. Gerardo Polo Sánchez. Tesis de investigación. Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- Ferrer Mena, M. (2018). Diseño de una terminal marítima de contenedores automatizada en la ampliación Norte del puerto de Valencia. Tutor: Dña. Esther Gómez Martín. Trabajo Fin de Máster. Universitat Politècnica de Valencia
- Ferrer Sánchez, B. (2018). Estudio de automatización de la terminal portuaria de intersagunto, Puerto de Sagunto. Tutor: Arturo Monfort Mulinas. Trabajo Fin de Máster. Fundación Valenciaport y Universidad Pontificia de Comillas (Madrid).

Guillén Golzalvo, I. (2018). Diseño Técnico De Una Terminal Portuaria en el Muelle Isla Verde Del Puerto De La Bahía De Algeciras. Tutor: Dña. Esther Gómez Martín. Trabajo Fin de Máster. Universitat Politècnica de Valencia.

Hutchison Ports ECT Delta (2016). <<https://www.ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-ect-delta>>. [en línea]. Consulta: 27/03/2020

Hutchison Ports ECT Euromax (2016). <<https://www.ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-ect-euromax>>. [en línea]. Consulta: 27/03/2020

Jiménez Bayo, P (2016). Diseño de una terminal de contenedores semiautomatizada en la Ampliación Norte del Puerto de Valencia. Tutor: D. José Aguilar Herrando. Trabajo Fin de Máster. Universitat Politècnica de Valencia.

La Verdad (2020). El puerto de Cartagena aumentó un 1,8% su tráfico de mercancías en 2019. <<https://www.laverdad.es/economia-region-murcia/puerto-cartagena-aumento-20200212144344-nt.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F>>. [en línea]. Consulta: 16/04/2020

La Voz de Galicia (2018). Un buque abre una nueva ruta al cruzar el Ártico por primera vez en invierno. <https://www.lavozdegalicia.es/noticia/maritima/2018/02/25/buque-abre-nueva-ruta-cruzar-artico-primera-vez-invierno/0003_201802G25P35993.htm>. [en línea]. Consulta: 16/03/2020

Liebherr Ship to Shore Cranes (2010). Technical Description STS Gantry Cranes. <<https://es.scribd.com/document/362502372/liebherr-sts-cranes-technical-descriptionpdf>>. [en línea]. Consulta: 22/05/2020.

Llop Chabrera, M. et al. (2013). Tendencias TIC en puertos. Serie: Tecnologías de la Información. Fundación Valenciaport.

Logística de Aprovisionamiento y Distribución (2015). Navis N4, Una herramienta de gestión operacional para los puertos del marítimos más avanzados del mundo. <<https://logisticamuialpcsupv.wordpress.com/2015/02/22/navis-n4-una-herramienta-de-gestion-operacional-para-los-puertos-maritimos-mas-avanzados-del-mundo/>>. [en línea]. Consulta: 18/05/2020

Long Beach Container Terminal. <<https://www.lbct.com/Home/Default>>. [en línea]. Consulta: 27/03/2020

Monfort, A. (2011). Manual de capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores. Fundación Valenciaport

Monfort Mulinas, A. et al. (2011). Automatización de terminales portuarias de contenedores. Fundación Valenciaport.

Murciaplaza (2020). El Puerto, ante el reto de mover 400.000 toneladas a través del ferrocarril en Escombreras en 2024. <<https://murciaplaza.com/el-puerto-ante-el-reto-de-mover-400000-toneladas-a-traves-del-ferrocarril-en-escombreras-en-2024>>. [en línea]. Consulta: 08/06/2020

OEZ (2017). Euromax Terminal Rotterdam ser a new record. <<https://oez.com/en/euromax-terminal-rotterdam-set-a-new-record/>>. [en línea]. Consulta: 27/03/2020.

Puertos del Estado (2011). ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre. Gobierno de España. Ministerio de Fomento.

Puertos del Estado (2020). Anuario estadístico 2018. Gobierno de España. Ministerio de Fomento. <puertos.es/es-es/estadisticas/RestoEstadísticas/anuarioestadisticos/Paginas/2017.aspx>. [en línea]. Consulta: 22/04/2020.

Puertos del Estado (2020). Estadísticas mensuales 2008-2019. Gobierno de España. Ministerio de Fomento. <http://www.puertos.es/es-es/estadisticas/Paginas/estadistica_mensual.aspx>. [en línea]. Consulta: 22/04/2020

RDL 8/2017, 12 de mayo (2017). Real Decreto-ley 8/2017, 12 de mayo, por el que se modifica el régimen de los trabajadores para la prestación del servicio portuario de manipulación de mercancías dando cumplimiento a la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea de 11 de diciembre de 2014, recaída en el Asunto C-576/13 (procedimiento de infracción 2009/4052). Boletín Oficial del Estado, 13 de mayo de 2017, núm. 114, pp. 39641 a 39656.

Rodrigo de Larrueca, J. Terminales automatizadas y semiautomatizadas. Operativa y equipamientos. Universidad Politécnica de Cataluña.

Youtube, " Long Beach Container Terminal – Safer, greener and more productive" <https://www.youtube.com/watch?v=TEVBU_-QhSI>. [en línea]. Consulta: 27/03/2020