



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA TERMINAL MARÍTIMA DE CONTENEDORES DE
NOATUM EN EL PUERTO DE VALÈNCIA

Presentado por

Peris Carabal, María

Para la obtención del

Grado de Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Diciembre 2018

Tutor: Jesús Domingo Aleixandre





Resumen

El transporte marítimo se ha convertido en la columna vertebral del comercio mundial y la globalización. Veinticuatro horas al día y durante todo el año, los barcos llevan cargas a todos los rincones del mundo. Constituye una parte fundamental para el crecimiento económico de los países y el desarrollo mundial.

La aparición del contenedor supuso una revolución para el transporte marítimo. Desde su invención en el año 1955 de la mano de Malcom McLean, su uso no ha dejado de crecer y puertos y buques, han cambiado su funcionamiento y morfología para adaptarse a esta nueva forma de transportar, evolucionando hasta lo que conocemos en la actualidad. Gracias al contenedor es posible la estandarización de los sistemas y de los movimientos y esto ha permitido el desarrollo y la implantación de sistemas automatizados en las terminales de contenedores de los puertos.

La competencia entre los puertos por atraer tráfico y a los principales buques portacontenedores trae consigo una lucha por poder ofrecer precios más bajos en el transporte, es decir, se intenta buscar un abaratamiento de costes en el paso de los contenedores por los puertos.

APV tiene como objetivo seguir creciendo en el mercado asiático y consolidar el puerto de Valencia como Puerto Hub. El puerto ha alcanzado en el mes de noviembre de 2018 el hito histórico de los 5 millones de contenedores interanuales, y sus previsiones de crecimiento son muy altas, pero para seguir con esta tendencia, y cumplir los objetivos, es necesario mantener el nivel de competencia.

Para poder enfrentarse a esta fuerte competencia, las terminales deben ofrecer un nivel de servicio muy alto, con gran rendimiento. Actualmente, en las terminales del puerto de Valencia, la mano de obra supone más de un 50% de los costes por contenedor. La forma de reducir estos costes es la reducción del número de trabajadores necesarios, que se consigue con la automatización de la terminal.

En este trabajo se tratará el diseño de la terminal Noatum Container Terminal, la más grande del puerto de Valencia, como terminal automatizada, incorporando los sistemas de última generación. Es una terminal pública de contenedores, con una superficie de 145Ha, y 2310 metros de línea de atraque, siendo la de mayor dimensiones del puerto de Valencia. Se determinarán los equipos y la distribución del patio de contenedores más apropiados para el buen funcionamiento de la terminal una vez automatizada. Se calcularán además, las capacidades de la línea de atraque y el almacenamiento de la terminal.

Existe una amplia gama de tecnologías para llevar a cabo dicho objetivo en cada uno de los subsistemas de los que se compone la terminal. En este diseño, los equipos empleados serán Shuttle carrier para el subsistema de transporte horizontal, y grúas ASC gemelas para el almacenamiento en el patio de contenedores, manteniéndose las grúas de muelle que la terminal opera en la actualidad.

Palabras clave: terminal, contenedor, puerto, almacenamiento, automatización, grúa, ASC, Autostrad.



Executive summary

Marine transportation and shipping has become the core in commerce business worldwide and globalization. Freights are shipped to each and every corner in the world 24/7, 365 days a year. This business is key in worldwide development as well as country wise economic growth.

A key milestone in marine transportation was the introduction of containers. Since its creation in 1955, its role in the shipping business embraces ports and ships growth, which had to adapt their structure to fit in the new business environment. This environment continued developing fast resulting in the current scenario.

The containers allow system and move standards, which made terminals' automation possible in the ports.

Ports are constantly competing to attract heavier traffic and the main and biggest ships, which is only possible when creating price difference in the market, by bringing the container fees down.

APV's main target is the Asian market and position Valencia's port as Hub Port. Valencia's port has recently hit a new record: 5 million containers in 12 months. With growth forecasted the challenge is remaining competitive in the Mediterranean region.

In order to remain relevant and hold a strong strategic position in the market, the port terminals should offer a high performing service. This will allow the container fees to decrease, since 50% of the marginal cost is the human labor. To reduce the labor required the solution is an automated terminal structure.

Along this project NoatumContainer Terminal will be the research focus. This is the largest terminal in Valencia's port. The research will evaluate NoatumContainer terminal's design, and how to transform it into an automated terminal by introducing the latest technology in the sector.

NoatumContainer is a public terminal, 145 hectares and 2310 meters long berthing line. There will be a new team-area distribution to optimize the new automated terminal's performance, considering as well the berthing line capabilities and store.

There is a wide range of advanced technology available in the market, with options fitting each subsystem in the terminal. In this design, the tools to be introduced are: shuttle carrier for horizontal transportation and ASC twin cranes for storing activities in the terminal. The dock cranes will remain the same.

Keywords: terminal, container, port, storage, automation, crane, ASC, Autostrad.

Resum

El transport marítim s'ha convertit en la columna vertebral del comerç mundial i la globalització. Vint-i-quatre hores al dia i durant tot l'any, els vaixells porten càrregues a tots els racons del món. Constitueix una part fonamental per al creixement econòmic dels països i el desenvolupament mundial.

L'aparició del contenidor va suposar una revolució per al transport marítim. Des de la seua invenció l'any 1955 de la mà de Malcom McLean, el seu ús no ha deixat de créixer i ports i vaixells, han canviat el seu funcionament i morfologia per a adaptar-se a esta nova forma de transportar, evolucionant fins al que coneixem en l'actualitat. Gràcies al contenidor és possible l'estandardització dels sistemes i dels moviments i açò ha permés el desenvolupament i la implantació de sistemes automatitzats en les terminals de contenidors dels ports.

La competència entre els ports per atraure tràfics i als principals barcos portacontenidors comporta una lluita per poder oferir preus més baixos en el transport, és a dir, s'intenta buscar un abaratiment de costos en el pas dels contenidors pels ports.

L'APV (Autoritat portuària de València) té com a objectiu continuar creixent en el mercat asiàtic i consolidar el port de València com a Port Hub. El port ha aconseguit en el mes de novembre de 2018 la fita històrica dels 5 milions de contenidors interanuals, i les seues previsions de creixement són molt altes, però per a seguir amb esta tendència, i complir els objectius, ha de mantindre el nivell competència amb altres ports de Mediterrani.

Per poder enfrontar-se a esta forta competència, les terminals han d'oferir un nivell de servici molt alt, amb gran rendiment. Actualment, en les terminals del port de València, la mà d'obra suposa més d'un 50% dels costos per contenidor. La forma de reduir estos costos és la reducció del nombre de treballadors necessaris, que s'aconsegueix amb l'automatització de la terminal.

En este treball es tractarà el disseny de la terminal Noatum Container Terminal, la més gran del port de València, com a terminal automatitzada, incorporant els sistemes d'última generació. És una terminal pública de contenidors, amb una superfície de 145Ha, i 2310 metres de línia d'atracada. Es determinaran els equips i la distribució del pati de contenidors més apropiats per al bon funcionament de la terminal una vegada automatitzada. Es calcularan a més, les capacitats de la línia d'atracada i l'emmagatzemament de la terminal.

Hi ha una àmplia gamma de tecnologies per a dur a terme dita objectiva en cada un dels subsistemes dels que es compon la terminal. En este disseny, els equips empleats seran Shuttle carrier per al subsistema de transport horitzontal, i grues ASC bessones per a l'emmagatzemament en el pati de contenidors, mantenint-se les grues de moll que la terminal opera en l'actualitat.

Paraules clau: terminal, contenidor, port, emmagatzemament, automatitzar, grua, ASC, Autostrad.





ÍNDICE

1.Introducción. Evolución del tráfico marítimo.....	13
1.1.Comercio internacional y transporte marítimo.....	13
1.2.Evolución del contenedor en el transporte marítimo	17
1.3.Evolución de los buques portacontenedores	24
2.Automatización de terminales portuarias de contenedores.....	26
2.1.Estado del arte.....	26
2.2.Necesidad de automatizar una TC.....	29
2.3.Condiciones para implantar una terminal de automatizada	30
2.4.Grados de automatización	32
2.5.Ventajas e inconvenientes de una terminal automatizada.....	33
3.El Puerto de Valencia.....	35
3.1.Ubicación	35
3.2. Área de influencia.....	37
3.3. Historia	39
3.4. Evolución del tráfico	40
3.5.El futuro del Puerto de Valencia.....	42
4. Noatum Container Terminal Valencia	43
4.1. Descripción	43
4.2. Instalaciones.....	45
4.3. Equipamiento	45
4.4. Accesos Viarios	45
4.5. Accesos Ferroviarios.....	47
5.Terminal de contenedores como sistema	48
5.1. Subsistema de carga y descarga de buques	50
5.2. Subsistema de almacenamiento.....	51
5.3. Subsistema de recepción y entrega.....	52
5.4. Subsistema de interconexión	54
6. Equipos empleados en una terminal de contenedores automatizada.....	55
6.1. Equipos de almacenamiento	55
6.1.1. Grúas ASC	55
6.1.2. Cantilever ARMGs.....	59
6.1.3. Straddle carriers o Autostrads.....	60
6.2. Equipos de interconexión	61
6.2.1. AGV.....	61
6.2.2. AGV-Lift	63
6.2.3. Shuttle carriers o Autostrads.....	63
6.3. Equipos de muelle	65



6.3.1. Automatización de Twist- Locks	68
6.3.2. Sistema de reconocimiento en descargas y cargas de buque	70
7. Disposición del patio de contenedores	71
7.1. Disposición horizontal o paralela al muelle	71
7.2. Disposición vertical o perpendicular al muelle	72
7.3. Ventajas y desventajas de las disposiciones horizontal y vertical	75
8. TOS. Sistema operativo de la terminal	76
9. Diseño técnico de la terminal	77
9.1. Criterios de diseño	77
9.2. Equipos empleados	78
9.2.1. Equipos de muelle	78
9.2.2. Equipos de interconexión	79
9.2.3. Equipos de almacenamiento	81
9.2.4. Equipos de recepción y entrega	83
9.3. Diseño de la terminal	83
9.3.1. Distribución de la terminal	83
9.3.2. Capacidad por línea de atraque	89
9.3.3. Capacidad de almacenamiento	95
10. Implantación de la automatización	99
11. Conclusiones	100
12. Bibliografía	103



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Índice de Producción Industrial de la OCDE, e Índices del PIB, Comercio de Mercancías y el Tráfico Marítimo Mundiales (1990 = 100). Fuente: UNCTAD.....	14
Ilustración 2 Tráfico Marítimo Internacional por tipo de carga (en millones de toneladas cargadas). Fuente: UNCTAD.....	15
Ilustración 3 Comercio Contenedorizado Mundial, 1996- 2017 (en millones de TEU y variación porcentual anual). Fuente: UNCTAD.....	15
Ilustración 4 Densidad de flujos marítimos. Fuente: Autoridad Portuaria de Valencia	16
Ilustración 5 Estructura del Comercio Internacional Marítimo para el año 2014. Fuente: UNCTAD	17
Ilustración 6 Estibadores en 1947. Fuente : alamy.....	18
Ilustración 7 Primer envío de un contenedor en 1956. fuente https://www.tibagroup.com	19
Ilustración 8 Buque Ideal X. Fuente: alpoma.net	19
Ilustración 9 Detalle de los dados de un contenedor. Fuente: containeroptions.com	21
Ilustración 10 Evolución de los buques portacontenedores. Fuente: Worldshipping.com.....	25
Ilustración 26 ECT Rotterdam. Fuente: Nieuwsblad transport.....	27
Ilustración 27 Terminal semiautomatizada TTI Algeciras Fuente: RFID journal	28
Ilustración 28 Distribución de costes por TEU. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Puertos del Estado	29
Ilustración 24 Euromax Terminal Rotterdam. Primera terminal automatizada. Fuente: Web oficial de la terminal.	32
Ilustración 25 Terminal Best Barcelona. Terminal semi-automatizada. Fuente: Web de la terminal.....	33
Ilustración 11 Localización del Puerto de Valencia. Fuente: Google Earth	36
Ilustración 12 Localización del Puerto de Valencia. Fuente: Google Earth	37
Ilustración 13 Hinterland y foreland del puerto A. Fuente: Biblioteca UNS.....	38
Ilustración 14 Áreas de influencia del Puerto de Valencia. Fuente: APV	39
Ilustración 15 Etapas de construcción del Puerto de Valencia. Fuente: APV.....	40
Ilustración 16 TEUs movidos en APV 1973-2017. Fuente: elaboración propia	41
Ilustración 17 TEUs movidos APV 2007-2016. Fuente: Memoria anual 2016 AP Valencia	42
Ilustración 18 TEUs movidos APV Mayo 2012- Agosto 2018 Fuente: Boletín estadístico APV 2018	42
Ilustración 19 Muelles del Puerto de Valencia. Fuente: Puertos del Estado	44
Ilustración 20 Puertas de entrada al puerto y a Noatum. Fuente: Google Earth	46
Ilustración 21 Puertas de acceso a Noatum. Fuente: Google Earth	46
Ilustración 22 Terminal ferroviaria. Fuente: Google Earth	47
Ilustración 23 Ampliación de la terminal ferroviaria. Fuente: Google Earth.	48
Ilustración 29 Subsistemas de una terminal de contenedores. Fuente: Monfort et al., 2011	49
Ilustración 30 Subsistemas de una terminal de contenedores. Fuente: ROM	49
Ilustración 31 Subsistema de interconexión. Fuente: Fundación ValenciaPort	55
Ilustración 32 Grúa ASC	56
Ilustración 33 Grúas ASC gemelas. Fuente: Konecranes.in	57
Ilustración 34 Grúas ASC pasantes. Fuente: Revista Ingeniería Naval.....	58
Ilustración 35 RMG Cantilever ARMGs Fuente: dowell-cranes.com	60
Ilustración 36 Terminal operada con Autostrad. Fuente: sohu.com	61
Ilustración 37 AGV como transporte horizontal. Fuente: buidarchiv-hamburg	62
Ilustración 38 AGV-Lift. Decoupling. Fuente: cidesport	63
Ilustración 39 AGV-Lift. Fuente: cidesport	63
Ilustración 40 Autostrad. Fuente: Cidesport	64
Ilustración 41 Spreader Tándem. Fuente: ramspreaders	68
Ilustración 42 Colocación y ejemplo de Twist-Lock- Fuente: nauicexpo.com	69
Ilustración 43 Plataforma de colocación de twist-locks automática. Fuente: ramspreaders.com	70
Ilustración 44 Sistema de reconocimiento de contenedores en la grúa muelle. Fuente. terminales automatizadas y semiautomatizadas. Funcionamiento y equipos. UPC	71
Ilustración 45 TCA con distribución horizontal o paralela al muelle. Fuente: Cargotec.....	72



Ilustración 46	Noatum Container Terminal Valencia. Fuente: Google Earth	72
Ilustración 47	TCA con distribución vertical o perpendicular al muelle. Fuente: Cargotec.....	73
Ilustración 48	TCA Rotterdam. Fuente: Blog mar y gerencia	74
Ilustración 49	London Gateway. Fuente: London Gateway Web	74
Ilustración 50	Dimensiones de los Autostrads. Fuente: Kalmar	80
Ilustración 51	Grúas ASC Kalmar. Fuente : Kalmar	81
Ilustración 52	Control remoto de las grúas ASC Karlmar. Fuente: Kalmar	82
Ilustración 53	Esquema de funcionamiento ASC y autostrad. Fuente: Kalmar	82
Ilustración 54	Reach Stacker. Fuente: Kalmar	83
Ilustración 55	Zonas de la terminal. Fuente. elaboración propia	86
Ilustración 56	Área de operación. Fuente: elaboración propia.	88
Ilustración 57	Sistema de prevención en la carga/descarga de una ASC a un camión. Fuente: Terminales automatizadas y semiautomatizadas. Operativas y equipamientos. Universidad Politécnica de Cataluña.	89
Ilustración 58	Capacidad por línea de atraque de las terminales portuarias. Fuente: ValenciaPort.	89
Ilustración 59	Capacidad de las tasas de ocupación y espera relativa de los sistemas M/M/n, M/E2/n y M/E4/n de 1 a 6 atraques. Fuente. ValenciaPort	93
Ilustración 60	Capacidad de almacenamiento de las temrinales de contenedores. Fuente: ValenciaPort	95



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de contenedores. Fuente: elaboración propia	24
Tabla 2 Características de las grúas ASC gemelas. Fuente: Porttechnology	58
Tabla 3 Características de las grúas ASC pasantes. Fuente: Porttechnology.....	59
Tabla 4 Conclusiones de las grúas ASC. Fuente: cidesport.com	59
Tabla 5 Pros y Contras de los AGV y AGV-Lift. Fuente: Apuntes Máster en Gestión Portuaria. ValenciaPort	64
Tabla 6 Pros y contras se los Autostrad. Fuente:: Apuntes Máster en Gestión Portuaria. ValenciaPort ...	65
Tabla 7 Características físicas y geométricas de las grúas pórtico sobre raíles para contenedores. fuente: ROM 2.0-11	66
Tabla 8 Características de las grúas Super Post Panamax y Malaccamax de Paceco. Fuente: Paceco	79
Tabla 9 Características técnicas Autostrads. Fuente: Kalmar.....	80
Tabla 10 Capacidad de línea de atraque según tipos de atraque.. Fuente :Ashar (2009).....	90
Tabla 11 Resguardos en planta en la línea de atraque. Fuente: ROM 2.0-11	91
Tabla 12 Niveles de servicio para el subsistema de carga y descarga de buques. Fuente: ValenciaPort ...	92
Tabla 13 Cálculo de la capacidad por línea de atraque. Fuente: elaboración propia.....	94
Tabla 14 Valores de la capacidad estática de almacenamiento del patio de contenedores según equipo. Fuente: ValenciaPort	98
Tabla 15 Cálculo de la capacidad de almacenamiento de la terminal. Fuente: Elaboración propia	98



LISTADO DE ACRÓNIMOS

AGV *Automated Guided Vehicle*

APV *Autoridad Portuaria de Valencia*

ARMG *Automated Rail Mounted Gantry crane*

ASC *Automated Stacking Crane*

ASH *Automated Sthuddle*

BEST *Barcelona Europe South Terminal*

CAPEX *Capital Expenditure*

CTA *Container Terminal Altenwerder*

ECT *Europe Container Terminal*

FEU *Forty-Feet Equivalent Unit*

FLC *Full Container load*

LCL *Less Container Load*

OPEX *Operating expense*

RMG *Rail Mounted Gantry crane*

RS *Reach Stacker*

RTG *Rubber Tired Gantry*

STS *Ship to Shore*

TC *Terminal Convencional*

TCA *Terminal de Contenedores Automatizada*

TEU *Twenty-Feet Equivalent Unit (Contenedor de 20 pies)*

TOS *Terminal Operating System*

TPCs *Terminales Portuarias de Contenedores*

TSa *Terminal Semiautomatizada*

TT *Tractor de Terminal*

TTI *Total Terminal International*



1.Introducción. Evolución del tráfico marítimo

El transporte marítimo de mercancías es el principal medio de transporte en el comercio internacional dado que permite trasladar el volumen más grande mercancías a mayores distancias que cualquier otro medio y con menores costes. Su uso es ideal para mercancías de gran volumen o de reposición donde la urgencia no es un factor clave como sería en el caso del transporte aéreo.

Ha evolucionado exponencialmente en los últimos años, ofreciendo servicios logísticos a las necesidades comerciales entre distintos países que necesitan portar mercancías pesadas. El transporte marítimo internacional se realiza a través de contenedores con los que se pueden transportar mercancías de gran tamaño.

1.1.Comercio internacional y transporte marítimo

Desde la antigüedad, el comercio ha sido una de las actividades principales del ser humano, siendo una fuente significativa de crecimiento, riqueza e intercambio cultural. Europa dispone de una fuerte tradición del comercio marítimo desde la actividad del comercio en el mediterráneo desde la época clásica, la actividad del mar del norte o la colonización de América y resto del mundo, motivada principalmente por la búsqueda de nuevas rutas comerciales.

El alcance del mismo ha ido evolucionando con el tiempo, desde el simple comercio entre pueblos vecinos hasta el comercio regional e intercontinental que conocemos hoy. Sin duda el carácter global del comercio, tal como lo conocemos actualmente, es una de sus principales características. Ya no hablamos sólo de comercio interno o regional, hoy hablamos de comercio mundial.

El transporte ha sido, es y será una de las principales actividades humanas. Sin transporte no existe el comercio y sin comercio sobra la producción. La integración económica del comercio, finanzas y la industria ha experimentado un acelerado crecimiento en los dos últimos decenios. El transporte vincula a personas y lugares, agiliza el comercio y permite y fomenta la competencia y especialización económicas, haciendo posible el comercio intercontinental. Uno de los aspectos esenciales para el crecimiento económico y la seguridad nacional de cualquier país, es la existencia de un sistema de transporte eficiente y seguro.

El transporte marítimo es el medio de transporte más importante para el comercio internacional de grandes distancias, de hecho, supone aproximadamente un 90% del comercio mundial.

Además, se ha de destacar que el comercio internacional y el tráfico marítimo crecen a tasas superiores al producto interior bruto mundial. Junto a esto no podemos dejar de lado que la economía mundial muestra una correlación muy elevada entre el crecimiento del PIB y el crecimiento del comercio, como se puede observar en la ilustración 1.

Estos factores son muy importantes y nunca pueden pasar desapercibidos porque dependiendo de cómo está funcionando la economía mundial podremos tener conocimiento de que va a pasar con el comercio internacional.



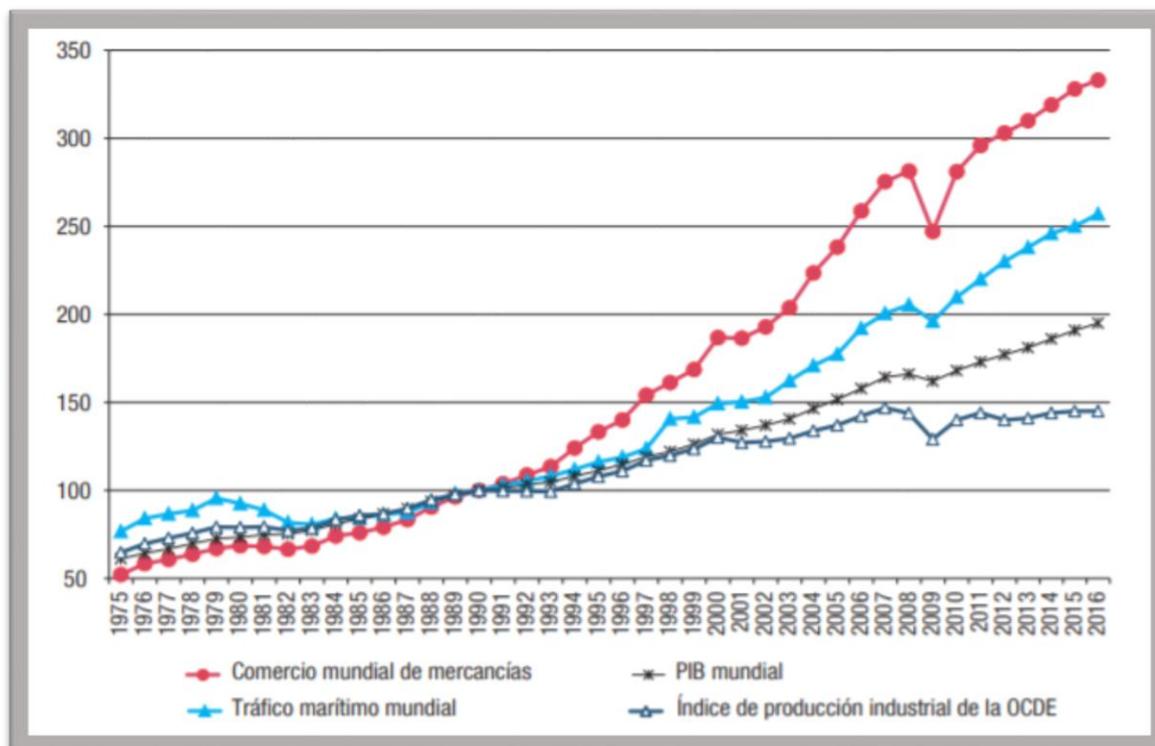


ILUSTRACIÓN 1 ÍNDICE DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA OCDE, E ÍNDICES DEL PIB, COMERCIO DE MERCANCÍAS Y EL TRÁFICO MARÍTIMO MUNDIALES (1990 = 100). FUENTE: UNCTAD

Existen diferentes formas de presentación de la mercancía, ya sean graneles líquidos (como el petróleo o el gas), graneles sólidos, o mercancía general. Esta última mercancía, generalmente, suele ser transportada mediante contenedores. El contenedor, aunque no todos los bienes que se comercian se transportan en contenedores, ha tenido un papel protagonista en el transporte de mercancías, y sobre todo en el transporte marítimo. Ha sido la manera estrella de transportar productos que no son a granel desde su invención en el año 1956 (como se verá más tarde), debido a su gran capacidad de intermodalidad y siempre con una tendencia alcista de crecimiento.

Se ha representado en la ilustración 2, a partir del año 1980, una vez ya extendido su uso mundialmente, cómo el contenedor ha ido ganando importancia a lo largo de los años frente a los demás tipos de carga, pese a ser, en millones de toneladas cargadas, el más pequeño de todas las formas.

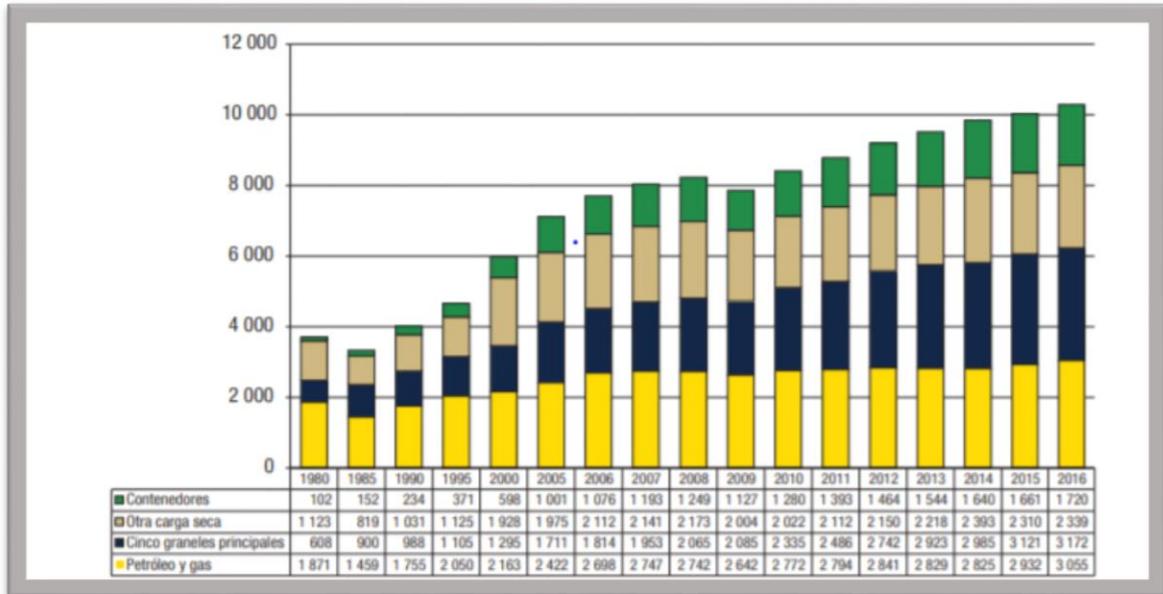


ILUSTRACIÓN 2 TRÁFICO MARÍTIMO INTERNACIONAL POR TIPO DE CARGA (EN MILLONES DE TONELADAS CARGADAS). FUENTE: UNCTAD

Como ya se ha comentado el tráfico de contenedores ha tenido siempre una tendencia positiva de crecimiento a lo largo de su corta historia, a excepción del año 2009 que se redujo debido a la crisis financiera mundial. En los últimos 20 años esta evolución ha significado que este tipo de modo de transporte haya aumentado su cuota en más de 100 millones de TEUs como muestra la ilustración 3.

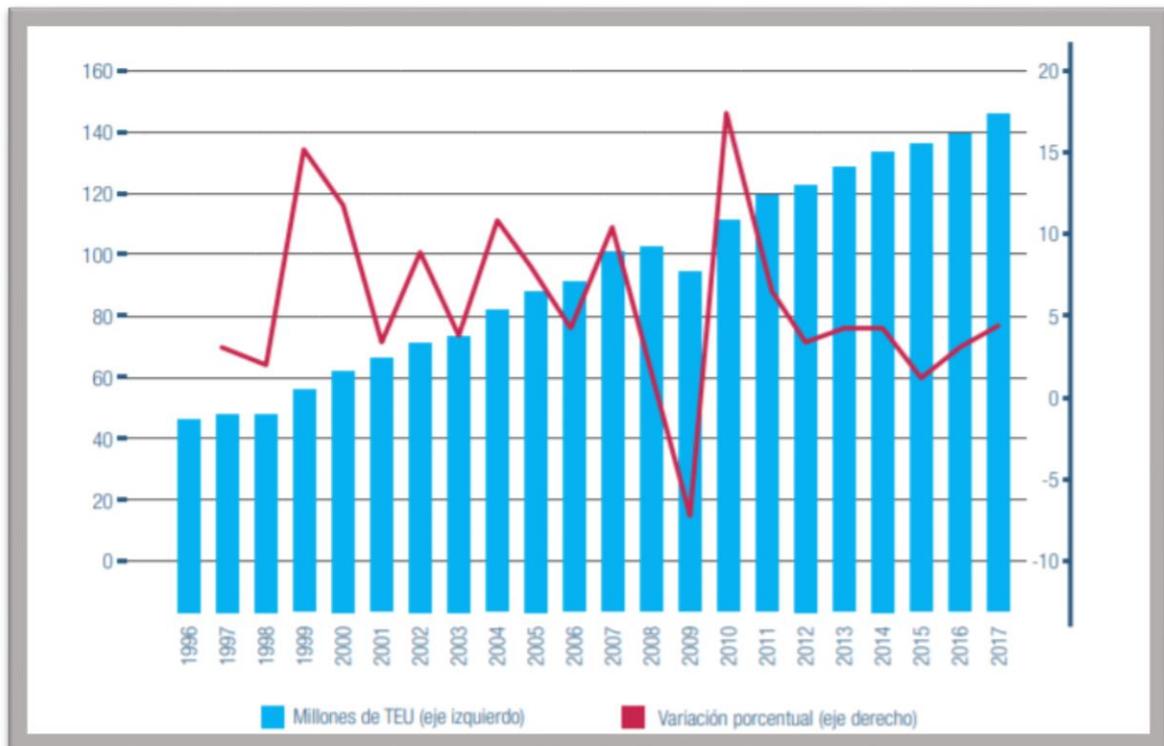


ILUSTRACIÓN 3 COMERCIO CONTENEDORIZADO MUNDIAL, 1996- 2017 (EN MILLONES DE TEU Y VARIACIÓN PORCENTUAL ANUAL). FUENTE: UNCTAD

Como muestra la ilustración 4, la densidad de flujos marítimos es mucho mayor en el hemisferio norte, debido a la existencia de dos pasos estratégicos que evitan el rodeo de los continentes africano y

sudamericano y permiten acortar tiempos de viaje en grandes medidas, posibilitando así unos trayectos de viaje mucho más rectilíneos. Estos pasos mencionados son el Canal de Panamá y el Canal de Suez.

El canal de Suez, finalizado en el año 1869, fue construido de forma artificial y sirvió para abrir una nueva ruta marítima que conectaba Europa con el sudeste asiático de forma mucho más rápida.

Por otro lado, el Canal de Panamá, inaugurado en 1914, permitió llegar de una costa a otra del continente americano sin tener rodear Sudamérica y atravesar por el sur el estrecho de Magallanes.

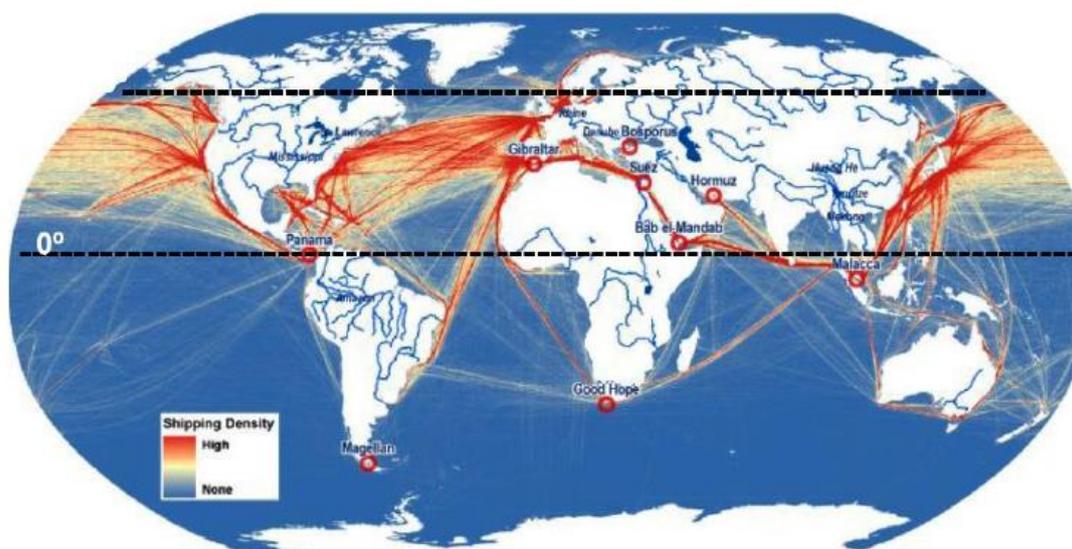


ILUSTRACIÓN 4 DENSIDAD DE FLUJOS MARÍTIMOS. FUENTE: AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA

Si bien la importancia del tráfico marítimo ha ido creciendo a lo largo de los años, el desarrollo de los países asiáticos y, especialmente China, ha influenciado de manera sustancial, dando mayor importancia a la ruta Asia-Europa y aumentando las posibilidades de los puertos españoles del mediterráneo.

Las tres rutas para el mayor comercio entre el este y el Oeste, concretamente la ruta transpacífica, la que une Asia y Europa y la transatlántica, unen las tres principales regiones económicas, esto es, Asia (en particular China) y Europa y América del Norte, tradicionalmente los principales mercados de consumo. En conjunto, Asia, Europa y América del Norte representaron casi el 80% del PIB mundial en 2012. En 2013, el total de volúmenes transportados en contenedores por esta importante ruta comercial Este-Oeste aumentó un 4,3%, con lo que el total ascendió a 48,3 millones de TEU, o sea el 30,2% del comercio contenedorizado mundial.

La ruta entre Asia y Europa es aquella en la que circulan los portacontenedores de mayor tamaño que existen actualmente.

Para el año 2014 el tráfico de contenedores representa exclusivamente el 15% del tráfico marítimo, siendo únicamente superado por el del petróleo que tiene una cuota del 17%. En la Figura 6 se muestra la estructuración del comercio marítimo.

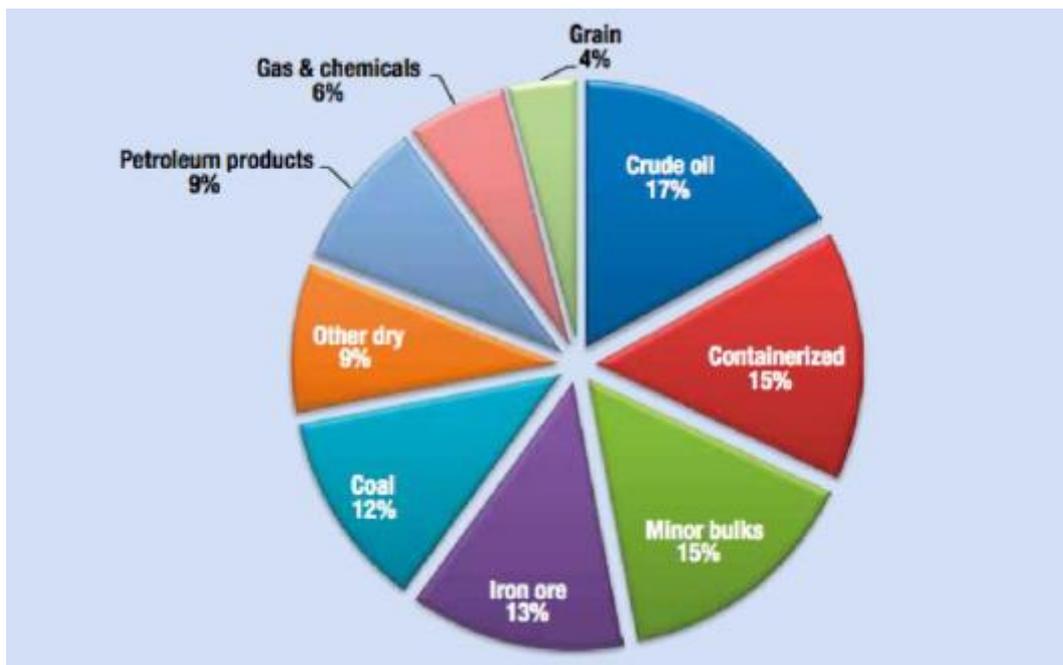


ILUSTRACIÓN 5 ESTRUCTURA DEL COMERCIO INTERNACIONAL MARÍTIMO PARA EL AÑO 2014. FUENTE: UNCTAD

El comercio internacional, y en concreto el que se produce por vía marítima, tiene una tendencia creciente. Del mismo modo el tráfico de contenedores sigue aumentando conforme pasan los años, lo que hace pensar que nuestros puertos deben estar preparados para poder absorber este crecimiento, con terminales mejor optimizadas y más productivas. Es por eso que la implantación de terminales automatizadas y semiautomatizadas tiene que empezar a ser una de las principales opciones a tener en cuenta.

1.2. Evolución del contenedor en el transporte marítimo

Des de los orígenes del comercio, la historia nos cuenta como el hombre ha intentado facilitar el transporte y la contenerización de la mercancía con la que pretendía comerciar. Uno de los ejemplos más claros y conocidos son las ánforas selladas.

La idea- propósito se ha mantenido durante siglos:

- Simplificar movimientos de carga.
- Consolidar el embarque de la mercancía
- Tratando de hacerlo de la forma más grande y estandarizada posible.



ILUSTRACIÓN 6 ESTIBADORES EN 1947. FUENTE : ALAMY

El transporte en contenedores como hoy en día lo conocemos nació en 1955 cuando el estadounidense, dueño de una compañía de camiones, Malcom Mclean vio que las compañías ferroviarias movían remolques cargados y trincados en vagones preparados para ello.

Fue solo con 21 años siendo un joven camionero cuando, mientras esperaba en la zona portuaria de Carolina del Norte para entregar la carga de su vehículo y observando cómo con muchísimo esfuerzo y trabajo, los estibadores traspasaban fardos de algodón de los camiones al buque, para posteriormente ubicar, al ritmo que un humano puede hacerlo, la pesada carga en la bodega, cuando Mclean pensó:

“Es una verdadera pérdida de tiempo y dinero. ¿Y si mi camión pudiera subirse con todo su volumen a bordo del buque de una sola vez?”.

Le pareció un trabajo en el que se perdía tiempo y dinero y empezó a pensar cómo podría subir la carga de una sola vez al buque. En su actividad como naviero se dio cuenta que el transporte de mercancías a granel era caro e ineficiente.

Con esta “pequeña, gran idea”, Malcom McLean, originario de Nueva Jersey, pasó de ser un simple inventor a un emprendedor, para finalmente con el tiempo, convertirse en el “Gran empresario del Transporte”, logrando subir la primera carga completa a un buque mediante un contenedor.

Diecinueve años más tarde de haber tenido esa idea descabellada, McLean logró materializar su sueño, cuando, convertido en un próspero empresario de transporte carretero y con la premisa de que la carga solo debía ser manipulada en ante la negativa por parte de una ferroviaria a su propuesta de subir sus trailers a los vagones, tomó la decisión de aventurarse en un terreno completamente nuevo y desconocido.

McLean compró un par de viejos buques ocupados durante la Segunda Guerra Mundial, y con ayuda de algunas manos ingenieras, hizo construir cajas metálicas con las mismas dimensiones de sus trailers, pero sin el sistema de rodamiento. Posteriormente agregó en las ocho esquinas del equipo, dispositivos para su manipuleo y esquineros.

El primer contenedor media 35 pies de longitud, 8 pies de anchura y otros 8 de altura, dimensiones que hoy en día ya no son utilizadas, pues el ISO establece otras medidas.



ILUSTRACIÓN 7 PRIMER ENVÍO DE UN CONTENEDOR EN 1956. FUENTE [HTTPS://WWW.TIBAGROUP.COM](https://www.tibagroup.com)

Los nombres de sus dos primeros buques fueron Ideal X y Alameda, preparados para mover 58 de esas primeras cajas metálicas, que más tarde se denominarían contenedores.

El buque Ideal X fue el primero en romper olas en el océano, con su viaje inaugural en abril de 1956 que zarpó de la ciudad de Nueva York hasta Houston.



ILUSTRACIÓN 8 BUQUE IDEAL X. FUENTE: ALPOMA.NET

Más tarde continuó desarrollando incansablemente su negocio y con la idea de poder aplicar su invención, compró la naviera 'Pan-Atlantic Steamship Company', a la cual re-nombró: 'SeaLand'. Esta tomó auge durante la Guerra de Vietnam al transportar equipo militar y otros suministros a tropas estadounidenses.

Justamente en esa época, el inquieto empresario puso de nuevo a trabajar su imaginación y decidió, que en lugar de regresar los buques con contenedores vacíos desde Vietnam, estos hicieran escala en Japón para traer productos a EEUU, lo que abrió nuevas vías al comercio entre occidente y Asia.

El uso del contenedor produjo una reducción importante en los costes del transporte. Mc Lean calculó que en 1956 cargar un barco de tamaño mediano de la manera tradicional costaba US\$ 5,83 por tonelada. Comparativamente, cargar el Ideal X costó menos de US\$0,16 por tonelada. Minimizando también los tiempos de estancia de la mercancía en el puerto, que pasaron de estar varias semanas a horas. Además, el volumen que se transportaba en los buques aumentó permitiendo mayores velocidades de navegación. De transportar 10.000 toneladas a 16 nudos se pasó a transportar 40.000 toneladas a 24 nudos.

La compañía de transportes marítimo de McLean adquirió en 1960 el nombre de Sea Land Service Inc., la cual en 1962 realizó un servicio desde el Este de Norteamérica al Oeste con buques con capacidad para 476 contenedores.

El contenedor fue más allá, modificó el concepto de terminales portuarias, las medidas de los acoplados terrestres, viales y ferroviarios, por lo que se puede decir que modificó en sí todo el concepto del transporte.

Pero no fue fácil desarrollar el uso de los contenedores. En primer lugar, hubo mucha resistencia de los estibadores, que temían perder sus puestos de trabajo. Un ejemplo de ello es lo que le sucedió a la empresa Grace Line, que quiso establecer un servicio de dos barcos convertidos en portacontenedores, desde EEUU a Venezuela. Pero los estibadores se negaron a prestar servicios a estos barcos y la compañía tuvo grandes pérdidas por lo que se vio obligada a vender los barcos a Sea Land. Otro ejemplo ocurrió en la huelga de 1959 por parte de los estibadores de Puerto Rico, que afectó a Sea Land, aumentando sus pérdidas.

Por otra parte, aparecieron también problemas en algunos puertos, como Nueva York entre otros, que no se adaptaron a la revolución del contenedor y malgastaron el dinero en grandes inversiones destinadas a aumentar la capacidad de los muelles tradicionales, que estaban ya obsoletos.

Además, existieron problemas relacionados con las empresas navieras. Al principio no todos confiaban en la revolución del contenedor para el tráfico de mercancía. Por una parte, muchos expertos estimaban que el contenedor estaba destinado al fracaso.

Por otra, los empresarios importantes, antes de hacer grandes inversiones prefirieron actuar con calma y cautela. Hubo algunos fracasos, entre las empresas que se atrevieron, como el de la Grace Line, ya mencionado, y el de Moore- McCormack, la primera empresa que habría transportado contenedores a través del Atlántico, pero que no tuvo la rentabilidad necesaria para continuar. Hubo otras empresas que utilizaron barcos que mezclaban contenedores con carga de otro tipo y algunas que transportaban también pasajeros, lo que también fue un fracaso.

También es destacable comentar que las mayores empresas de transporte de mercancías de contenedores de hoy en día no surgieron desde los mismos inicios del contenedor, sino que surgieron unos cuantos años más tarde. Es el caso de Maersk Line, que construyó su primer barco portacontenedor en 1973, 17 años después de la primera experiencia de Malcolm Mc Lean, Mediterranean Shipping Company, establecida en Suiza, fundada en 1970 o Evergreen Marine, fundada en 1968.

Así a partir de 1965, el ASA (American Standards Association) y el ISO (International Standards Organization) establecieron requisitos para normalizar aspectos como diseño, capacidad de carga,



identificación y otras cualidades. Así nacieron los contenedores de 20 y 40 pies de longitud, lo que hoy en día conocemos como TEU (Twenty Equivalent Units) y FEU (Forty Equivalent Units). Esta regulación permitió la estandarización de los movimientos y la maquinaria empleada en los puertos.

Finalmente, en mayo de 1966, un total de 228 contenedores hicieron su primer viaje transatlántico partiendo de Nueva York hasta Róterdam (Puerto más grande de Europa).

El auge y el éxito del contenedor se entiende por las ventajas que este aporta, como predijo McLean al transporte de mercancías:

- No precisa de manipulaciones intermedias de la mercancía, la mercancía solo se manipula en el momento de la carga en el contenedor y en la puerta del receptor, lo que se traduce en: menos deterioros, menor riesgo de robos y menos gastos de embalaje.
- Fácil manipulación debido a las cantoneras.
- Reduce el trámite documental, así como los costes de almacenamiento e inventario.
- Mayor productividad laboral.
- Requiere menos manos de obra, lo que se traduce en una reducción de costes.
- Optimizan el espacio y pueden apilarse.
- Puede contener varios tipos de mercancía.

Desde aquel primer viaje en 1956, el contenedor continuó evolucionando e innovándose hasta convertirse en lo que conocemos hoy en día. Con el tiempo, se dieron cuenta que no todas las mercancías podían ser transportadas de la misma manera, fue así como se fueron creando una amplia variedad de contenedores especiales: Refrigerados, aislantes, tanques, etc. cada uno con tecnología única, que protege y maximiza las propiedades de los productos, para que estos lleguen en perfecto estado a su destino.

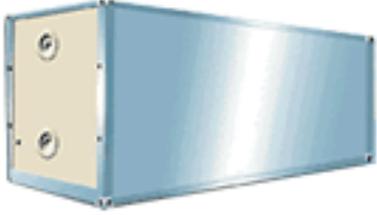
Todos los tipos de contenedores, independientemente de su forma cuentan con 8 dados en sus extremos que permiten su fácil manipulación, permitiendo así la estandarización de los movimientos.



ILUSTRACIÓN 9 DETALLE DE LOS DADO DE UN CONTENDOR. FUENTE: CONTAINEROPTIONS.COM

Actualmente se han desarrollado diferentes tipos de contenedores en función de la mercancía a transportar. Así, los más comunes son:

<p>DRY VAN</p> <p>Son contenedores herméticos y sin ventilación con puertas en un solo lado.</p> <p>Los dos modelos típicos son los de 20 y 40 pies, de 6 y 12 metros de longitud respectivamente.</p> <p>Es el contenedor estándar utilizado para el transporte de carga seca normal como pallets, cajas, bolsas, etc.</p>	
<p>HIGH CUBE</p> <p>Son contenedores tipo Dry Van con un aumento de tamaño en altura, anchura o longitud, que les proporciona un aumento en la capacidad del volumen.</p>	
<p>OPEN TOP</p> <p>Su característica particular es que no tienen techo y se tapan con un techo removible de lona. Son empleados para cargas muy voluminosas o pesadas que no pueden cargarse por las puertas laterales y se cargan por la parte superior como maquinaria, planchas de mármol, etc.</p>	
<p>DOUBLE DOOR</p> <p>La principal característica de este tipo de contenedores, similar a los Dry Van es que tienen puertas a ambos extremos.</p> <p>Es ideal para el transporte de mercancías más largas como rollos, tuberías, etc.</p>	

<p>OPEN SIDE</p> <p>Son otro tipo de contenedores muy a los Dry Van, que cuentan con puertas para la apertura lateral. Son adecuados para cargas muy voluminosas y de difícil manipulación. Existen modelos que se pueden abrir por las dos paredes laterales, o los Full Open Side que tienen puertas en las cuatro paredes y pueden abrirse en su totalidad.</p>	
<p>REEFER</p> <p>Con equipo propio de generación de frío para la carga de mercancía que requiere temperaturas constantes sobre bajo cero como carne, pescado, ect.</p>	
<p>AISLANTES</p> <p>Están preparados para el transporte de carga que requiera temperatura constante, como frutas, sin necesidad de equipo generador de frío.</p>	
<p>TANQUES</p> <p>Sirven para transportar líquidos a granel. Se trata de una cisterna contenida dentro de una estructura de vigas de acero que la hacen de las mismas dimensiones que un contenedor estándar.</p> <p>De esta forma la cisterna puede ser manipulada y cargada en transportes como un contenedor más.</p>	
<p>FLATTRACKS</p> <p>Contenedores sin techo ni paredes laterales que se utiliza para transportar mercancías pesadas o sobredimensionadas.</p> <p>La mercancía es trincada mediante cadenas o cintas.</p>	

<p>PLATAFORMA</p> <p>Sin laterales extremos y sin techo. Se utilizan para mercancías con extramedidas y con dificultades en su carga. Se trata de una base fija a la cual deberá trincarse la mercancía.</p>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

TABLA 1 TIPOS DE CONTENEDORES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.3.Evolución de los buques portacontenedores

El crecimiento del comercio de mercancías realizado en contenedor ha sido seguido por un incremento en el tamaño de los buques. Con el objetivo de transportar más mercancías y así reducir los costes, el tamaño de los buques no ha dejado de crecer desde la aparición del contenedor, y parece que por el momento no dejará de hacerlo.

Desde el primer transporte de contenedores por el buque Ideal X no tardaron mucho en aparecer los primeros buques diseñados específicamente para este propósito con celdas en sus bodegas en las que los contenedores se manipulaban ya con grúa. Su capacidad era de unos 200 TEUs, contenedores de medidas estandarizadas cuya longitud es de 20 pies, ancho 8 pies y altura 8 pies y 6 pulgadas y que soporta entre 15 y 20 toneladas de peso.

El desarrollo de estos barcos fue relativamente lento hasta 1968, año en que se contabilizaron un total de 18. Diez de estos 18 tenían una capacidad de entre 1.000 y 1.500 TEUs. Sólo un año después funcionaban 25 barcos y su carga alcanzaba ya los 2.000 TEUs. En 1972 los primeros buques contenedores con capacidad de 3.000 TEUs empezaron a funcionar.

Durante los siguientes doce años la mayor capacidad registrada por estos barcos se situó entre los 4.500 y 5.000 TEUs, principalmente por las limitaciones en las dimensiones impuestas por el Canal de Panamá. El tamaño del casco del mayor buque contenedor, los denominados Panamax, no podían sobrepasar un máximo en anchura de 32.3 metros, en longitud de 294.1 metros y no podían tener un calado superior a 12 metros, y la carga correspondiente a estas dimensiones se sitúa inevitablemente entre 4.500 y 5.000 TEUs.

En 1996 Maersk se demarcó del resto de las compañías marítimas cuando el Regina Maersk, un buque contenedor de 318 metros de eslora, 42 de manga y 14,5 metros de calado construido en los astilleros Odense Steel Shipyard de Dinamarca, excedió los límites del Canal transportando 6.400 TEUs.

Lo que provocó toda una revolución en el mercado y se pasó de una capacidad máxima de 6.600 TEUs en 1997 a alcanzar los 7.200 sólo un año después y los 8.700 en 1999. Los barcos cuya capacidad ronda los 9.000 TEUs habían sobrepasado ya los límites del Canal de Panamá unos 10 metros. Esta revolución iniciada por Maersk se aprecia hoy en que el 30% de la flota de contenedores mundial es del tipo Post-panamax, todo esto a pesar de que evidentemente este tipo de barcos requieren de una mayor infraestructura en puerto.

El siguiente escalón llegó hasta los buques New Panamax, que estaban diseñados para poder atravesar el canal de Panamá tras su ensanchamiento en 2015. Estos buques tienen una eslora aproximadamente de 365 m, manga de 49 m, calado de 15,2 m y una capacidad para 12.500 TEUs.

Los siguientes en llegar fueron los buques denominado Post New Panamax, que no pueden cruzar el canal de Panamá. Su tamaño limita las rutas que pueden operar, siendo la más frecuente la de Asia-Europa. Estos buques tienen capacidades desde unos 15.000 TEUs y han ido creciendo hasta que han llegado en 2018 los buques que superan los 20.000 TEUs

Entre el año 2017 y el inicio del 2018, la compañía Orient Overseas Container Line (OOCL) ha presentado progresivamente sus seis nuevos portacontenedores pertenecientes a la serie G-Class (OOCL Hong Kong, OOCL Germany, OOCL Japan, OOCL Scandinavia, OOCL United Kingdom y OOCL Indonesia), los cuales se han convertido en los más grandes del mundo gracias a los 21.413 TEUs de capacidad que poseen.

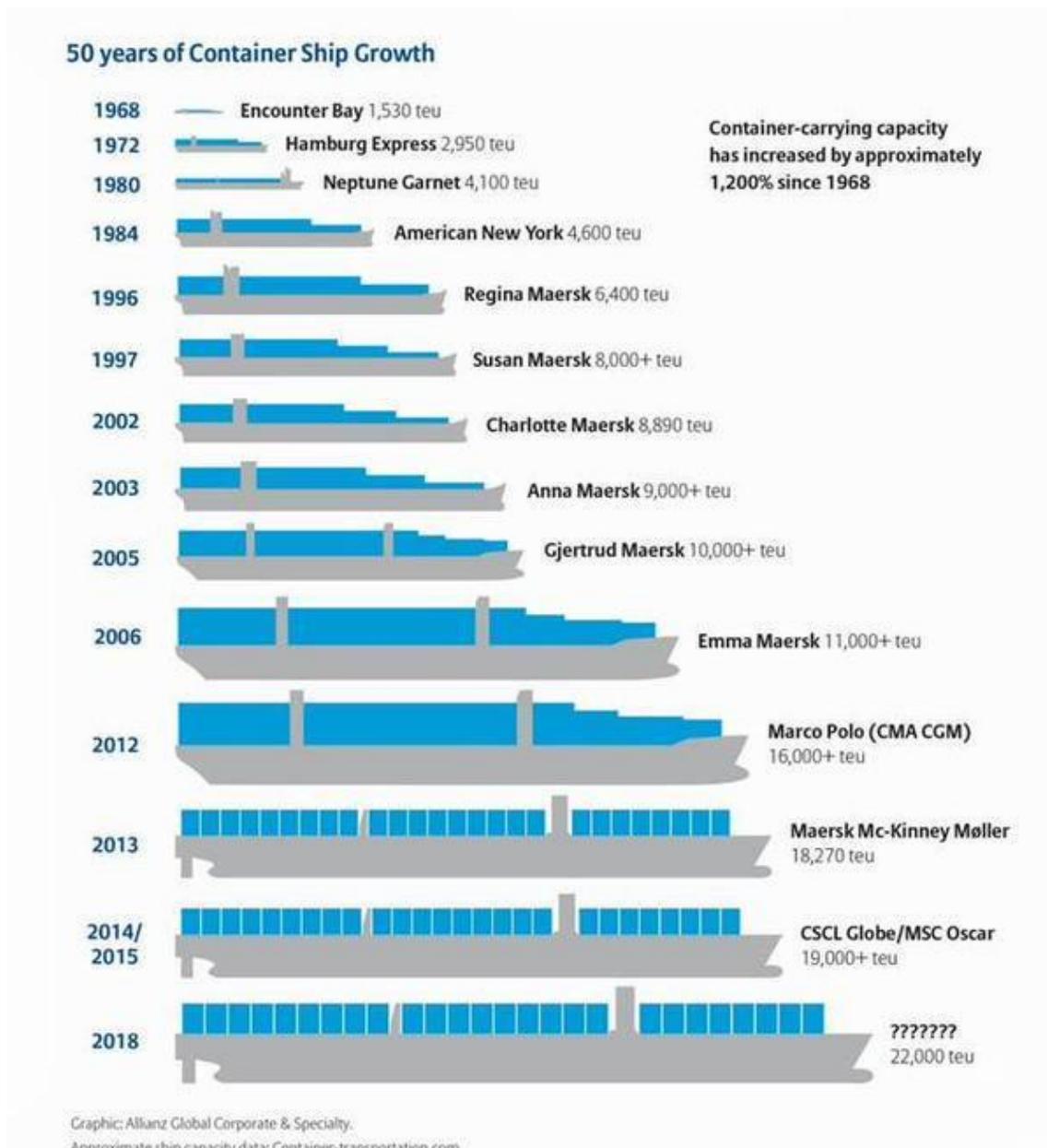


ILUSTRACIÓN 10 EVOLUCIÓN DE LOS BUQUES PORTACONTENEDORES. FUENTE: WORLD SHIPPING.COM

Cabe destacar que dos de las compañías más fuertes en el sector de los barcos de transporte de mercancías, CMA CGM y MSC, ya han anunciado sendos proyectos para finales del año 2019 en los que lanzarán buques portacontenedores con una capacidad máxima de 22.000 TEU, lo que representa una

clara muestra de que las grandes empresas de transporte por vía marítima buscan ampliar la capacidad de sus buques constantemente para dar cabida a una mayor cantidad de mercancías.

Unos buques tan grandes, precisarán de unas condiciones mínimas en las terminales para ser operador, como grúas lo suficientemente grandes, calado mínimo de 18 metros, y un nivel de eficiencia que opere el buque en el menor tiempo posible. El alcance de este crecimiento continuo en el tamaño de los buques lo limitará la demanda y la capacidad de los puertos de adaptarse a estos.

2. Automatización de terminales portuarias de contenedores

Las terminales portuarias de contenedores se caracterizan por que pueden alcanzar un alto grado de sistematización debido a la estandarización del elemento transportado (el contenedor), la estandarización de la forma de manipular la mercancía en el puerto y del alto nivel de intercambios que se realizan.

Tienen como objetivo principal proporcionar los medios y la organización necesarios para que el intercambio entre modos de transporte del contenedor (de marítimo a terrestre y viceversa) se produzca con la mayor rapidez, eficiencia, seguridad y respeto al medio ambiente posible, teniendo siempre en cuenta la economía, condicionante de las anteriores.

La automatización consiste en el uso de elementos o sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos y computarizados para controlar máquinas y procesos, reduciendo así la intervención humana en el desarrollo de la actividad.

En este punto se desarrollará la aparición y expansión de los sistemas de automatización en terminales marítimas de contenedores, las ventajas e inconvenientes que presentan, las características que deben tener y los requisitos que deben cumplir, y los diferentes grados de automatización posibles.

2.1. Estado del arte

Los costes en mano de obra, el incremento de la competencia en la industria portuaria y el hecho de que el tráfico contenerizado implique la estandarización en los sistemas de manipulación de cargas (con la consecuente aparición de procesos estandarizados y sistemas asistidos por tecnologías de la información), han dado como resultado la automatización de las terminales de contenedores. A su vez, estas terminales se han ido equipando progresivamente con maquinaria más sofisticada y con mayor capacidad productiva.

La automatización de las terminales hasta la fecha se ha centrado principalmente en el sistema de transferencia horizontal y el sistema de apilamiento de patio.

Las terminales se describen típicamente como totalmente automatizadas si tanto la transferencia horizontal entre el muelle y el patio, como el sistema de apilamiento del patio están automatizados.

Si sólo se automatiza el sistema de apilamiento de patio (y la transferencia horizontal permanece con equipo operado manualmente), se describe una terminal como semiautomática.

Sin embargo, lejos de ser un proceso terminado las nuevas automatizaciones tienen también dentro de su ámbito la operación de carga y descarga de buques, un proceso más difícil de automatizar por la interacción con el buque, así como otras automatizaciones de operaciones auxiliares a la terminal (como



por ejemplo las terminales ferroviarias o los servicios de amarre de los buques o la automatización de las puertas).



ILUSTRACIÓN 11 ECT ROTTERDAM. FUENTE: NIEUWSBLAD TRANSPORT

Desde 1984, cuando se empezó a automatizar la terminal de Europe Container Terminals (ECT), en Rotterdam, numerosas terminales han apostado por sistemas automatizados en mayor o menor grado. En 2012 había 33 terminales automatizadas, distribuidas en países con mano de obra con un coste elevado (Australia o EEUU) o más competitivos (Corea o Singapur). Este hecho también ha sucedido, además de en Rotterdam, en otros puertos del entorno europeo, como Amberes, Hamburgo, Londres, Algeciras o Barcelona.



ILUSTRACIÓN 12 TERMINAL SEMIAUTOMATIZADA TTI ALGECIRAS FUENTE: RFID JOURNAL

Hasta marzo de 2018, el número creció hasta las 44 terminales automatizadas repartidas por todo el mundo, siendo 30 de ellas semiautomatizadas y 14 de ellas completamente automatizadas. Hay que tener muy en cuenta que la tendencia sigue al alza, habiendo planes de iniciar proyectos de automatización en otras 10 terminales. Un ejemplo de estas es la terminal APM en Tánger que entrará en funcionamiento en 2019 y que contará con 12 de las grúas más grandes del mundo, controladas a control remoto.

La automatización no es un proceso ya focalizado en países con la mano de obra más cara, sino que se ha extendido a los grandes centros de carga del mundo.

Sin embargo, aunque los principales nodos (*hubs*) y puertos de carga local (*gateways*) están optando por la automatización, en términos absolutos aún queda un largo camino para que la automatización se convierta en un hecho común, ya que el 97% de las terminales de contenedores utilizan todavía maquinaria convencional, siendo solamente el 2% y el 1% para terminales semiautomáticas y automáticas respectivamente.

Una terminal automatizada precisa de una inversión de capital (*capital expenditures* o *capex*) elevada, con el objetivo de conseguir un alto retorno de la inversión mediante una reducción de los costes operativos (*opex*) en el medio o largo plazo. El nivel de inversión vendrá determinado por el grado de automatización de la terminal portuaria y por el estado inicial (inversión «desde cero», *greenfield*, u opción de cambio sobre una terminal ya existente). Por otro lado, el ahorro en costes operativos dependerá, además del tipo de terminal, básicamente del coste de la mano de obra y de la tipología de los tráficos.

2.2. Necesidad de automatizar una TC

Las terminales de contenedores automatizadas, se establecen con el objetivo de reducir los costes de manipulación y con la intención conseguir un mayor control y una mejor calidad en las manipulaciones de la mercancía.

Los principios básicos para conseguir lograr dichos objetivos son: altos rendimientos con maquinaria especializada y un reducido número de personal. Para conseguir estas premisas se debe de realizar una gran inversión inicial, pero gracias a esto conseguimos reducir significativamente el coste de explotación, sobretodo reduciendo el coste de personal.

Los estibadores se organizan por grupos de trabajo que son denominados en la jerga como “manos”. En una terminal convencional una mano está compuesta como mínimo por 14 trabajadores. En cambio, en una terminal automatizada, este número se reduce en función del grado de automatización. Al automatizar el subsistema de almacenamiento, se elimina la necesidad de los operadores de las grúas de patio y con la automatización del subsistema de interconexión, se prescinde de los conductores que suman entre 4-5 personas.

Por tanto, el número se reduce a 8 estibadores entre los que se encuentran, el capataz como responsable de la operática, el sobordista como coordinador del gruiste, el gruista, el clasificador encargado de controlar los flujos de contenedores entre la grúa y el almacenamiento, dos especialistas encargados de la retirada y colocación de twist-locks, y dos operarios especializados en las tareas de trinca de contenedores en el buque. La tarea del clasificador puede ser sustituida por la colocación en las grúas muelle de cámaras de reconocimiento óptico, aunque siempre será necesaria una persona que controle el correcto funcionamiento del sistema operativo.

Esto se traduce en que los costes de mano de obra representan, en las terminales convencionales, alrededor del 50 % de los costes del paso del contenedor por el puerto. En el siguiente gráfico se muestra la distribución media de los costes por TEU en los puertos españoles de la vertiente mediterránea.

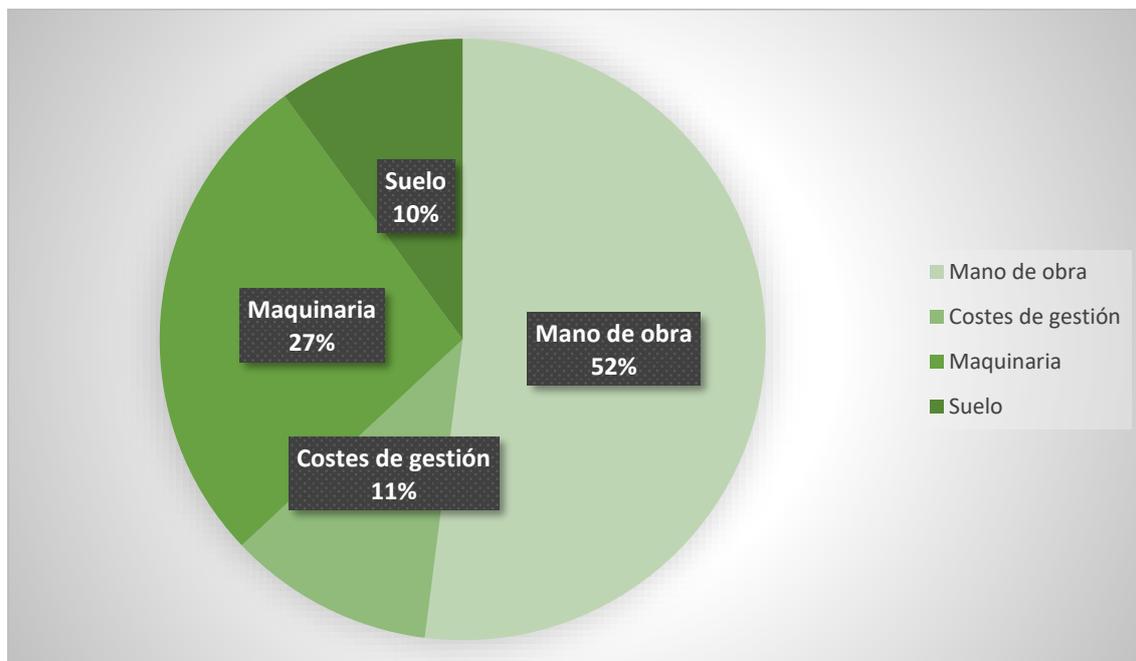


ILUSTRACIÓN 13 DISTRIBUCIÓN DE COSTES POR TEU. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE PUERTOS DEL ESTADO

La reducción de la intervención humana facilita en gran medida el control de los equipos y procesos implicados, lo que se traduce en una estandarización del rendimiento y los niveles de servicio, la eliminación de la incertidumbre en los tiempos de respuesta y la reducción de los costes operativos y los errores asociados a la conducta humana.

Eliminando la presencia de las personas en el manejo de la maquinaria eliminamos sin que aspectos que pueden influir sobre la productividad de los operadores y que pueden producir la variabilidad en los tiempos de respuesta, como el estado de ánimo, el cansancio o el malestar.

Esas ventajas unidas a la evolución tecnológica y a que, con los volúmenes actuales de comercio mundial a día de hoy, resulta inconcebible una economía basada exclusivamente en el trabajo manual, y ello convierte en la automatización en una corriente global presente, en mayor o menor grado, en prácticamente todos los ámbitos de la industria.

En España tenemos ya instaladas dos terminales con cierto grado de automatización, y se encuentran precisamente en los puertos competidores al puerto de Valencia, como son Barcelona y Algeciras.

En el puerto de Barcelona podemos encontrar la terminal BEST (Barcelona Europe South Terminal), se trata de una terminal semiautomatizada desarrollada por Hutchison Port Holdings (HPH), y actualmente se trata de la terminal más avanzada tecnológicamente en el mediterráneo.

Por otro lado, en Algeciras podemos encontrar TTI (Total Terminal International Algeciras) que fue impulsada por la naviera surcoreana Hanjin Shipping, se trata de una terminal semiautomática que se encuentra situada en la Bahía de Algeciras, en el punto clave en el Estrecho de Gibraltar, donde circulan las principales rutas interoceánicas.

A estos debemos sumarle la competencia de otros puertos fuera de las fronteras de España, como el puerto de Tánger que tiene previsto poner el funcionamiento su nueva terminal automatizada en 2019.

La automatización ofrece regularidad, solvencia, control y seguridad en la ejecución de las operaciones de la terminal. Permite el acceso al control pormenorizado de un gran número de variables en los procesos con lo que se permite ajustar las operaciones y los costes a los requerimientos de la terminal en cada momento, por lo que se obtiene una ventaja competitiva crucial al poder maximizar los recursos que se dispone en cada momento en la terminal.

Por lo que el puerto de Valencia, debe de disponer de una terminal automatizada de contenedores de última generación, para mantenerse como puerto líder del Mediterráneo.

2.3. Condiciones para implantar una terminal de automatizada

Existen una serie de condiciones naturales que caracterizan la aptitud de un puerto para poder establecer una terminal de contenedores con cierto grado de automatización, en especial su situación geográfica.

Debido a su alto coste de inversión inicial el puerto debe tener capacidad suficiente para mantener un alto tráfico de contenedores durante un tiempo prolongado, para amortizar la inversión con su actividad.

Según un estudio realizado por Wieger Rademaker para la Universidad de Delft, se demuestra que una terminal automatizada con 200.000 contenedores, puede llegar a ser rentable en 8 años, solo gracias al ahorro en los costes operativos.

El caso del Puerto de Valencia cuenta con previsiones de un gran aumento de tráfico para los próximos años, aumentando su potencial para captar a los mayores buques y aumentar sus flujos marítimos. La



Autoridad Portuaria de Valencia ha gestionado entre los meses de octubre de 2017 y noviembre de 2018, 5.044.270 TEUs, cifra que es un 4,78% superior a la obtenida en el mismo periodo un año antes.

Es importante que el puerto posea un área de influencia o hinterland extenso, ya que esto contribuye a mantener el flujo de mercancías y tráfico del puerto. Las empresas del entorno portuario, que realizan movimientos de comercio exterior, representan el principal potencial de generación de flujos de transporte marítimo, de modo que se debe buscar incluso la expansión de sus límites de influencia, llegando a empresas e industrias más alejadas que puedan enviar o recibir mercancías a través del puerto. Valencia tiene la ventaja de ser la ciudad más próxima a la capital de España, Madrid, y también a Barcelona, que a pesar de tener su propio puerto, está más alejado de la ruta Asia- Europa, que es la principal fuente de alimento de los puertos del Mediterráneo, y concede al puerto de Valencia una situación más ventajosa.

Además, la ejecución del corredor mediterráneo corrobora estas previsiones, incluso las aumenta al mejorar las conexiones del puerto con los países del centro de Europa. El uso del ferrocarril como medio de transporte terrestre está cada vez más extendido, y se ha convertido en algo imprescindible para el futuro, sustituyendo a parte del transporte por carretera.

La automatización de la terminal tiene como el objetivo, entre otros, alcanzar el máximo nivel de competitividad y la explotación más eficiente de los recursos. Para conseguir dicho objetivo la terminal deberá estar preparada para recibir a los mayores buques portacontenedores del mundo, lo que exigirá unas condiciones técnicas: un calado mínimo de 18 metros, y una línea de atraque superior a 1000 metros que permita el atraque simultáneo de dos grandes buques. La Autoridad Portuaria ya inició el proceso en 2016 para aumentar el calado hasta esta medida en los muelles de las tres terminales de contenedores del puerto de Valencia. En concreto en la terminal de Noatum, la zona central del muelle Príncipe Felipe alcanzará el calado de 18 metros y el resto continuará con 16.

Queda añadir la importancia que adquieren también las plataformas logísticas intermodales, que tienen la función de promover, ejecutar y explotar las Zonas de Actividades Logísticas (ZAL) del puerto, complementando la oferta global de servicios del puerto, asegurando la continuidad de la cadena logística y adaptando la oferta de sus espacios y servicios a las necesidades de los clientes.

Es necesario el compromiso que debe asumir la Autoridad Portuaria con la automatización de la terminal, interesada y volcada en las tecnologías de información y los nuevos sistemas logísticos buscando nuevas formas de almacenamiento con el objetivo de aumentar la cuota de mercado del puerto. Actualmente ya ha mostrado su interés en que el puerto de Valencia cuente con una terminal automatizada, pues su propósito es que la nueva terminal Norte del puerto que aún está por construir, sea automatizada o al menos semiautomatizada.

Además, debe hacer frente y hacer valer su autoridad frente al personal de estiba, puesto que la ejecución de automatismos en tareas de la terminal supondrá una reducción de personal. El personal portuario tendrá que autorregularse para trabajar de forma diferente, sin pretender volver a lo convencional o convertir la terminal en una terminal mixta, ya que el principal beneficio y base de la rentabilidad de una terminal automatizada es precisamente esa reducción del coste de mano de obra.

Los estibadores son un colectivo muy bien organizado y con gran fuerza sindical, no solo a nivel local sino nacional e incluso mundial. En los conflictos más importantes que han afectado a diversos puertos, los sindicatos de estibadores se han organizado para apoyarse desde diferentes países o continentes. Es esencial la presencia de la Autoridad Portuaria como agente implicado en la mediación con los estibadores, para evitar o reducir los conflictos que un cambio tan grande en la forma de trabajar la terminal provocará, debido a la amenaza que estos entienden que supone la automatización para sus puestos de trabajo.



2.4. Grados de automatización

Las terminales automatizadas pueden diferenciarse según su grado de automatización en “terminales automatizadas” y “terminales semi-automatizadas”.

El término “terminal automatizada” se emplea para denominar a las terminales que han automatizado los subsistemas de interconexión y almacenamiento, aún cuando los movimientos de carga y descarga del buque y los de recepción y entrega terrestre siguen llevándose a cabo de forma manual, pudiéndose realizar mediante control remoto.

Según el Manual de Capacidad Portuaria, se denominará terminal de contenedores totalmente automatizada a aquella que tenga las mismas características que la primera terminal automatizada (Euromax Terminal Rotterdam), es decir, aquella en la que se han automatizado las operaciones relativas a movimientos de patio y los de interconexión muelle-patio, siendo todavía manuales las operaciones correspondientes a grúa-buque.



ILUSTRACIÓN 14 EUROMAX TERMINAL ROTTERDAM. PRIMERA TERMINAL AUTOMATIZADA. FUENTE: WEB OFICIAL DE LA TERMINAL.

Una solución intermedia entre las terminales portuarias de contenedores automatizadas y las convencionales es la semi- automatización o automatización parcial, dando lugar a las denominadas “terminales semi-automatizadas”, pudiendo encontrar movimientos alternos entre lo automático y lo manual. Son aquellas terminales en las que, mientras el movimiento en patio está automatizado, la interconexión muelle-patio se efectúa con equipos convencionales, o viceversa.

Existen varios ejemplos repartidos por el mundo correspondientes a esta tipología, entre los que se encuentran las terminales españolas TTI Algeciras y BEST Barcelona.



ILUSTRACIÓN 15 TERMINAL BEST BARCELONA. TERMINAL SEMI-AUTOMATIZADA. FUENTE: WEB DE LA TERMINAL.

Las terminales automatizadas y semi-automatizadas emplean automatizaciones mayores o totales, que se materializan en equipos automatizados. Sin embargo, el término semi-automatización también puede referirse al manejo de equipos por control asistido o la sistematización de algunas de las funciones de los equipos mediante automatizaciones menores o parciales.

Las automatizaciones mayores o totales de equipos son la suma de un conjunto integral e integrado de tecnologías o sistemas que por separado podrían considerarse automatizaciones menores. Así, en ocasiones, es posible automatizar totalmente equipos convencionales mediante la implementación de las automatizaciones menores necesarias mediante un proceso de retrofitting. Esta es una solución para terminales en servicio que todavía no han amortizado su inversión inicial en equipamiento. La combinación de diferentes automatizaciones mayores y menores da como resultado terminales portuarias de contenedores con distintos grados de automatización.

Para el diseño de la automatización en la terminal Naotum Ports Valencia, no llevaremos a cabo el proceso de retrofitting, si no que estudiaremos la adquisición de nuevos equipos con el objetivo de obtener el máximo nivel posible de automatización en el almacenamiento y el transporte horizontal de la terminal. Para el subsistema de carga y descarga no se ha desarrollado todavía la automatización completa, debido a que los movimientos del buque impiden la estandarización de los movimientos de la grúa, pero si se han implementado automatizaciones menores que mejoran la eficiencia y la productividad en la interacción grúa-buque. Por tanto es posible llevar a cabo un proceso de retrofitting en las grúas muelle.

2.5. Ventajas e inconvenientes de una terminal automatizada.

Las terminales automatizadas presentan, ciertas debilidades y fortalezas que pueden variar en función de cada caso o circunstancias, pero que en general son las siguientes:

Debilidades



- Requiere una fuerte inversión, que en muchos casos puede limitar la viabilidad del proyecto al no proporcionar el retorno esperado por el inversionista o por la capacidad financiera del inversor. Se debe tener en cuenta que el equipamiento de patio y transporte horizontal debe ser agregado en grandes cantidades y de inicio, en lugar de efectuarse de manera gradual como en una terminal convencional.
- Posibilidad de conflicto social. La migración de trabajo convencional hacia el automatizado puede topar con una difícil negociación con los agentes sociales, dado que disminuye mucho la demanda de mano de obra, y ello tiene fuerte impacto social. La negociación final de las condiciones de trabajo de la terminal automatizada puede dificultar el alcance total de la reducción de personal que ofrece la automatización, determinando si la automatización tiene sentido o no.
- Falta de redundancia operativa. La avería en una grúa apiladora de contenedores que funcione de manera automatizada (con carácter general, grúa ASC, siglas de *Automatic Stacking Cranes*) influye en la operatividad del bloque de contenedores, ya que las grúas ASC no pueden cambiar su posición de un bloque a otro, posibilidad que sí ocurre con las grúas pórtico sobre neumáticos o RTG.
- Las terminales automatizadas carecen de flexibilidad. Su el diseño físico es difícil de cambiar una vez decidido y normalmente se mantiene para largo plazo. Las decisiones que deben tomarse en la etapa de diseño requieren prever las necesidades de la terminal en el largo recorrido, sin embargo, tanto la actividad de la terminal como las necesidades de sus clientes pueden cambiar de forma significativa durante el tiempo de concesión de la terminal.
- Si los niveles de actividad caen temporalmente, una terminal manual es más capaz de economizar y adaptarse a las nuevas circunstancias, ya que, en caso necesario, el personal adscrito a la terminal puede ser reubicado, o en su caso, aplicarse medidas de empleo.
- Los procesos llevados a cabo por una terminal no son necesariamente estables y homogéneos. Estos, pueden ser volátiles y cambiar con el tiempo. Se debe tener muy en cuenta que la automatización requiere y busca un alto grado de repetición y predictibilidad.
- La automatización no necesariamente supone una manipulación más rápida y mayores niveles de servicio.
- Los proyectos de automatización tienen un mayor riesgo y son más difíciles de implementar, mientras que las terminales manuales están sobradamente probadas y contrastadas.

Fortalezas

- Mayor predictibilidad y consistencia de las operaciones.
- Potencial ahorro de costes operativos, por menor coste de mano obra, al sustituir el OPEX por el CAPEX. El objetivo es disminuir el coste operativo en su conjunto, así como evitar la incertidumbre que el trabajo manual puede ocasionar (por ejemplo, los incrementos salariales debido a la inflación, los problemas derivados de las negociaciones con los agentes sociales y la posibilidad de disputas y huelgas).



- Incremento de los aspectos de Seguridad e Higiene en el trabajo, debido a la no presencia humana en las áreas de operaciones.
- Menor tiempo de inactividad debido a la influencia de factores externos (por ejemplo, fuertes vientos o lluvias intensas).
- Incremento de las jornadas de trabajo, debido a que las máquinas pueden funcionar 24/7 sin necesidad de cambio de turno.
- Mayor eficiencia energética (más equipos eléctricos y menos equipos de combustión), siendo una opción potencialmente más ecológica.
- Menor coste de mantenimiento, derivado de una reducción de los equipos de combustión y una menor probabilidad de accidente.
- Mayor precisión y prevención del error humano, debido a que se elimina el factor humano, reduciendo la variabilidad en el proceso.
- Reducción de daños en equipos y cargas al eliminar el factor humano.
- Disminución del factor de pico (los movimientos de reordenación del patio de contenedores tienen un coste muy bajo y se puede trabajar a alta capacidad sin incidir en la estructura horaria: costes de nocturnidad, festividades, etc.).
- Mayor densidad de contenedores. Los bloques pueden ser de 8 hasta 11 contenedores de ancho (e incluso más, ya que las grúas ASC se adaptan a las características de la terminal). También se apila a más altura promedio (5 y 6 alturas), debido al casi nulo coste de la remoción de patio.

3.El Puerto de Valencia

3.1.Ubicación

La situación geográfica de un puerto es un factor determinante en sus tráficos. La relevancia del Puerto de Valencia se explica, entre otros aspectos, por su posición geoestratégica.

El puerto de Valencia está ubicado en el centro del Arco Mediterráneo Occidental en línea con el corredor marítimo Este-Oeste que pasa por el Canal de Suez y el Estrecho de Gibraltar, convirtiéndose en la puerta de entrada del mercado asiático en España.

El Puerto está situado al este de la ciudad de Valencia, junto al Mar Mediterráneo. Valencia es capital de la Comunidad Valenciana que cuenta actualmente con más de 787 mil habitantes y es el centro de una extensa área metropolitana que sobrepasa el millón y medio. Representa el 16% de la población de la Comunidad Valenciana y es por tamaño demográfico, la tercera ciudad de España después de Madrid y Barcelona.

La ciudad de Valencia se basa en una gran parte en el área de servicios. Actualmente la población dedicada en el sector servicios es el 83% del total, adquiriendo gran importancia las actividades de



demanda final, del comercio minorista y mayorista, de los servicios especializados a empresas y de actividades profesionales.

Está situado de tal forma que divide por la mitad la fachada marítima. Al norte de éste están situadas las playas de las Arenas y la Malva-rosa, de carácter urbano. Estas playas son las más famosas y transitadas de la ciudad de Valencia y poseen un amplio Paseo Marítimo en el que se pueden encontrar todo tipo de servicios, sobretodo de restauración.

Las playas del sur, ya situadas fuera la periferia son las playas de Pinedo y las playas del L'Arbre del Gos, El Saler, La Garrofera, la Devesa y el Recati-Perellonet.



ILUSTRACIÓN 16 LOCALIZACIÓN DEL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: GOOGLE EARTH



ILUSTRACIÓN 17 LOCALIZACIÓN DEL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: GOOGLE EARTH

3.2. Área de influencia

Para definir el área de influencia de un puerto podemos diferenciarla en dos partes, hinterland y foreland:

- Hinterland: representa la zona terrestre de origen o destino de las mercancías o pasajeros que pasan a través de un puerto determinado. Es la región nacional o internacional que es origen de las mercancías embarcadas en el puerto y destino de las mercancías desembarcadas en el mismo. Es, de forma resumida, su zona de influencia territorial alrededor del mismo.
- Foreland: aquellos otros territorios conectados al puerto por vía marítima y hacia los cuales se dirige la carga generada por su hinterland o de la cual procede las mercancías destinadas a dicho hinterland. Es su área de influencia marítima o zona complementaria portuaria.

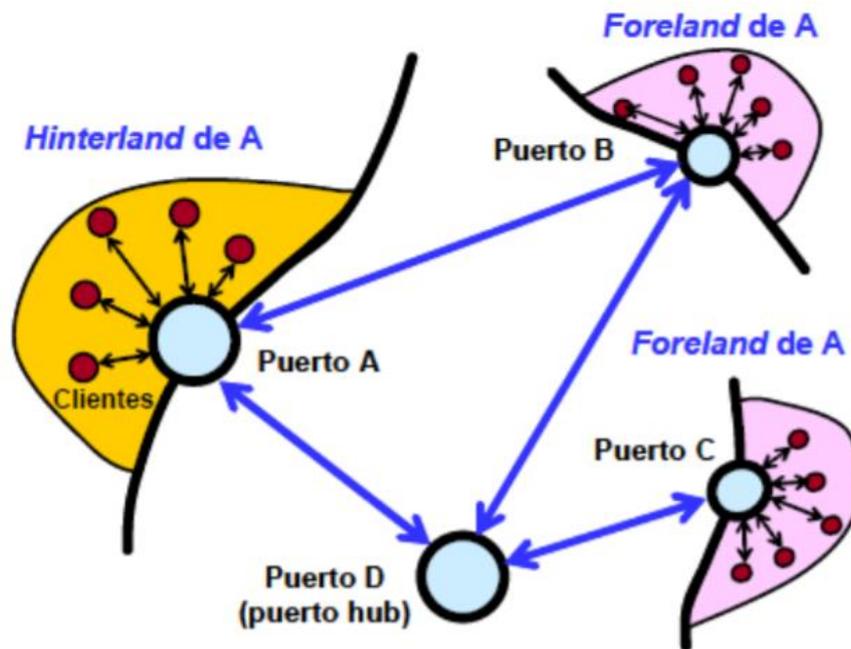


ILUSTRACIÓN 18 HINTERLAND Y FORELAND DEL PUERTO A. FUENTE: BLIBIOTECA UNS

El área de influencia correspondiente al Hinterland del puerto de Valencia alcanza los 350 km, y su amplia red de conexiones extiende el Foreland a los principales puertos del mundo.

El puerto de Valencia sirve de hub para el transbordo de carga, importación y exportación, del Mediterráneo Occidental, permitiendo distribuir de forma eficiente las mercancías hacia otros destinos más pequeños en un radio de 2000 km. Actúa como tal no sólo en los países del Sur de la Unión Europea, sino también en los países del Norte de África, conectando con más de mil puertos alrededor del mundo, con un inmenso mercado de 270 millones de consumidores.

Funciona como puerto natural de Madrid por ser el puerto más cercano, conectando con el centro de la península tanto por ferrocarril como por carretera, y como una de las plataformas esenciales para otras regiones económicas como Castilla la Mancha, Aragón, Murcia y Andalucía Oriental. Con un Hinterland de 350 km, abarca el 51% del PIB y a la mitad de la población activa española.



ILUSTRACIÓN 19 ÁREAS DE INFLUENCIA DEL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: APV

3.3. Historia

La historia del Puerto de Valencia es la historia de las dificultades que hubieron de vencerse para llegar a la creación de un Puerto totalmente artificial, partiendo de una playa sin calado y sin abrigo de ninguna especie, hasta conseguir la realidad de un puerto de magníficas condiciones de calado y amplitud que lo hacen uno de los mejores del litoral.

La línea de costa de Valencia, carente de cualquier abrigo natural, fue un serio obstáculo para el inicio de los intercambios marítimos-comerciales.

Constan antecedentes de dicha actividad que se remontan al Siglo VI antes de Cristo, pero es bastante después cuando podemos establecer un primer antecedente de una explotación propiamente portuaria.

En 1483, el rey Fernando El Católico expide a favor de Antoni Joan el privilegio para construir un puente de madera en la playa del Grao, el "Pont de Fusta".

A partir de ese momento, el vigor económico de los valencianos se materializó en un comercio portuario creciente, que llevó al Rey Pedro III de Aragón a conceder a Valencia el establecimiento de la Jurisdicción marítimo-comercial del Consolat de Mar.

En la segunda mitad del Siglo XV, la ciudad de Valencia, con 75.000 habitantes, era la más poblada de la Península Ibérica, y su Puerto, era el más importante de la Corona de Aragón, teniendo líneas de navegación con puertos de Italia, Europa Occidental y el Norte de África.

Hasta el siglo XIX se realizaron diversos proyectos de construcción y mejora de las instalaciones sin demasiado éxito debido a las avenidas del río Turia y al crecimiento de la playa. Paralelamente, el tráfico del puerto iba creciendo, obteniendo los privilegios de comercio con otros reinos en 1679 y con América en 1791, y estableciéndose como la sexta provincia marítima de España.

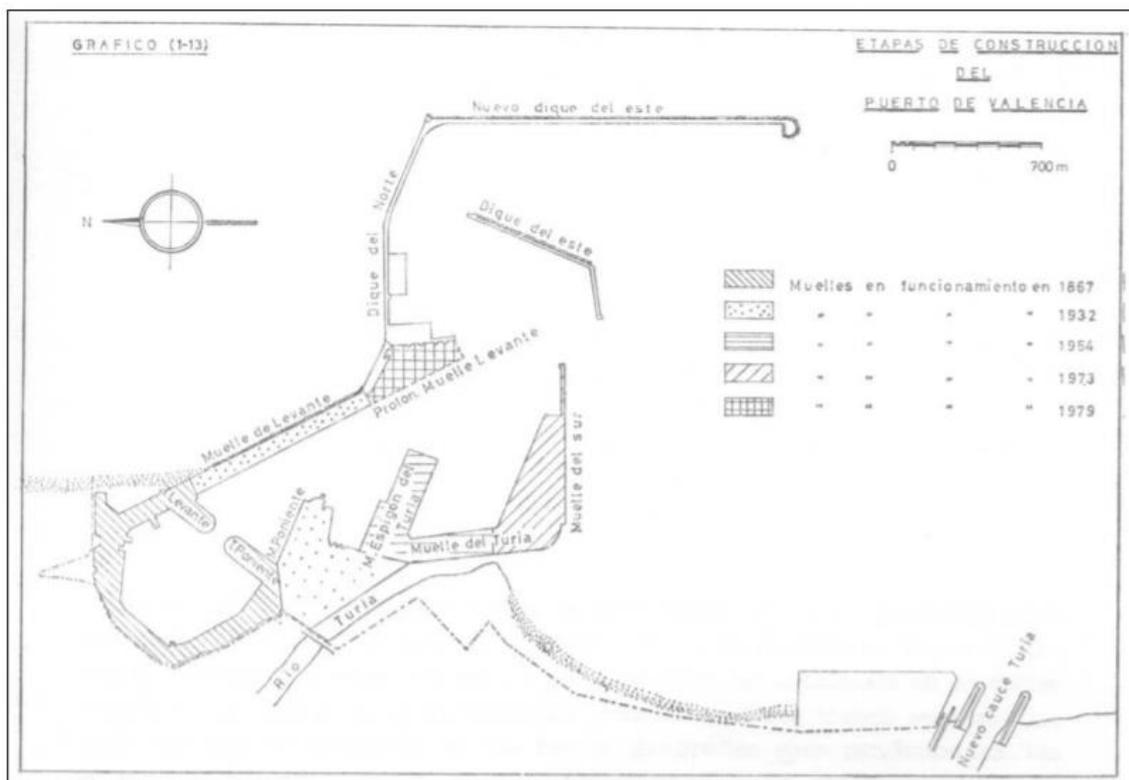


ILUSTRACIÓN 20 ETAPAS DE CONTRUCCION DEL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: APV

A lo largo del siglo XX se realizaron obras de mejora sobre los edificios y almacenes y se continuó con la ampliación de los muelles hasta llegar a la configuración actual, con instalaciones especializadas para cada tipo de mercancía. Dichas ampliaciones, ligadas a la aparición del tráfico de contenedores en los últimos años, han permitido a Valenciaport alcanzar su posición actual de liderazgo entre los puertos comerciales del Mediterráneo occidental.

Actualmente el Puerto de Valencia se encuentra en fase de ejecución de una ampliación que le permitirá atender un tráfico de contenedores de hasta 10 millones de TEUs y disponer de instalaciones de última generación para el tráfico de cruceros turísticos.

Por otra parte, en lo que a la gestión del puerto se refiere, a partir de 1880 ésta corre a cargo de la Junta de Obras del Puerto de Valencia, organismo que es sustituido por la Junta del Puerto de Valencia en 1968.

Con la concesión del estatuto de autonomía en 1978, la gestión se transfiere al Puerto Autónomo de Valencia que, con la entrada en vigor de la Ley de Puertos de 1992, pasa a denominarse Autoridad Portuaria de Valencia -nombre que se mantiene en la actualidad.

En 1985, como consecuencia del Real Decreto 2100, los puertos de Sagunto y Gandía, pasaron a integrarse en el ámbito de gestión del entonces Puerto Autónomo de Valencia, hoy Autoridad Portuaria de Valencia.

3.4. Evolución del tráfico

El puerto de Valencia, a pesar de todos los problemas que tuvo a lo largo de su historia para ofrecer unas condiciones óptimas de servicio a los buques que llegaban al puerto, tuvo gran éxito ya desde sus comienzos debido a su situación estratégica en el Mediterráneo. Poco a poco su influencia era mayor y a

medida que se desarrollaba el comercio el tráfico crecía. En los últimos 20 años Valencia ha ganado posiciones dentro del Mediterráneo occidental a otros puertos competidores, tanto en tráfico total como en contenedores.

Desde la llegada del contenedor en los años 70 a los puertos españoles el número de contenedores movidos no ha dejado de crecer. En concreto en el puerto de Valencia, se movieron en el año 1973 alrededor de 19.000 TEUs, continuando con un crecimiento que podría aproximarse a un crecimiento lineal hasta aproximadamente el año 1995.

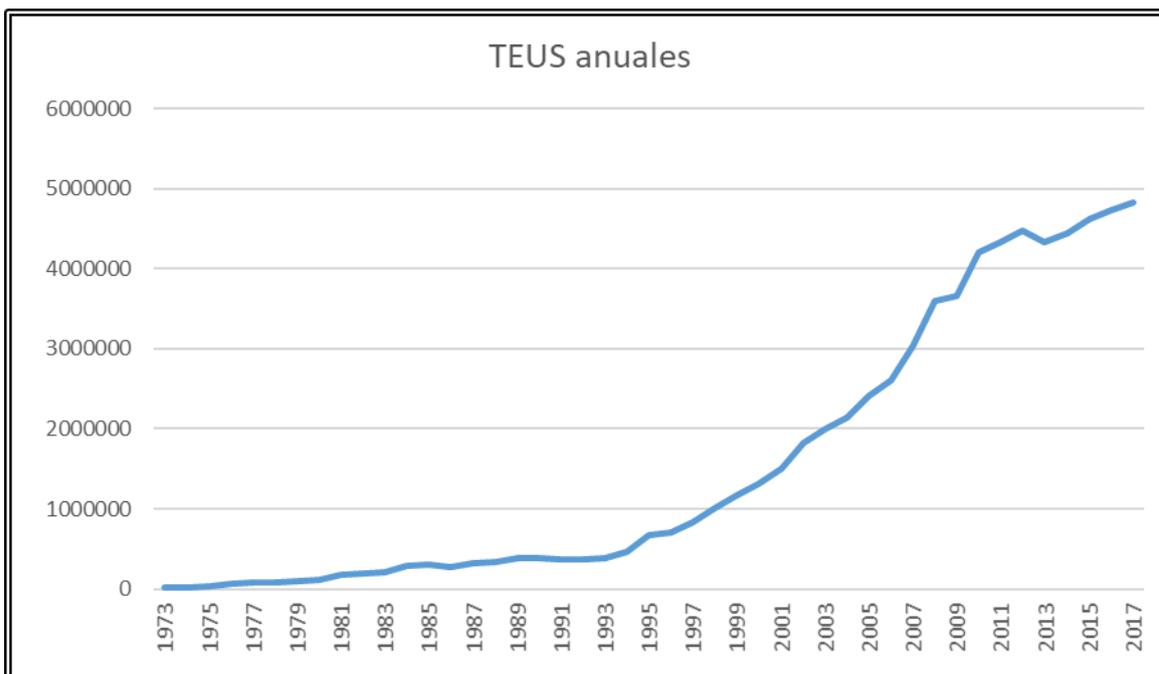


ILUSTRACIÓN 21 TEUS MOVIDOS EN APV 1973-2017. FUNETE: ELABORACIÓN PROPIA

En el año 1974 el incremento fue de unos 2.000, en cambio en los próximos 5 años, esta cifra casi llegó a quintuplicarse, llegando a los 100.000 TEUs.

A partir del año 1995, hubo un punto de inflexión y el crecimiento fue mucho más agresivo a partir de ese momento, coincidiendo con la aparición de los buques PostPanamax. En el año 2000 se había multiplicado por 3 la cantidad de TEUs movidos en el año 1995, y en el año 2009 se sobrepasaron los 3,5 millones.

De forma más detallada, se muestra el crecimiento de los siguientes, de igual forma, con prácticamente un crecimiento continuo exceptuando el año 2013.

EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO DE CONTENEDORES



ILUSTRACIÓN 22 TEUs MOVIDOS APV 2007-2016. FUENTE: MEMORIA ANUAL 2016 AP VALENCIA

En el siguiente gráfico podemos observar que el crecimiento observado hasta 2017 continúa en lo que llevamos de año 2018. Como hemos mencionado antes, la APV ha batido su propio récord en el mes de octubre, superando la cifra de 5 millones de TEUs en 12 meses.



ILUSTRACIÓN 23 TEUs MOVIDOS APV MAYO 2012- AGOSTO 2018 FUENTE: BOLETÍN ESTADÍSTICO APV 2018

Todo apunta a que la tendencia continuará siendo la misma, y el puerto de Valencia debe prepararse para ello.

3.5. El futuro del Puerto de Valencia

Para poder superar con éxito las demandas y retos planteados en su Plan Estratégico y con el fin de atender los crecimientos de tráfico previstos, la Autoridad Portuaria de Valencia ha puesto en marcha ampliaciones en sus 3 puertos: Valencia, Sagunto y Gandía. En este sentido en el Plan Estratégico se define un modelo de crecimiento basado en el máximo respeto al medio ambiente y en la especialización, orientando a cada uno de los puertos que gestiona hacia tráfico homogéneos.

Con el objetivo de seguir creciendo, para convertirse, como anunciaba públicamente el presidente de la Autoridad Portuaria de Valencia, Aurelio Martínez, en el tercer puerto de Europa, en el Puerto de

Valencia se llevará a cabo la ampliación Norte. Esta incluirá una la nueva terminal de pasajeros y la nueva terminal de contenedores, para dar servicio a los crecientes tráficos de ambos tipos.

Todo apunta a que la nueva terminal de contenedores la ampliación Norte será ocupada por MSC y entrará en funcionamiento como terminal semiautomatizada, con un calado en toda su línea de atraque de 18 metros, preparada para atender a los mayores buques portacontenedores, y manteniendo un nivel óptimo de competitividad. Esta terminal aumentará la capacidad del puerto hasta los 10 millones de TEUs, preparando al puerto para las crecidas en el tráfico marítimo previstas para los próximos años.

Por otro lado, en el puerto de Valencia y se está preparando para poder recibir a buques más grandes que precisen de un calado mayor, aumentando el calado hasta los 18 metros en el Muelle de Levante y en la Dársena Sur.

Cabe destacar la importancia y la relevancia para el Puerto de Valencia del corredor mediterráneo, ya que los accesos terrestres son necesarios para el desarrollo de este. Además, es necesaria una buena conexión con el puerto de Sagunto que permita la fluidez entre ambos puertos.

4. Noatum Container Terminal Valencia

NOATUM Container Terminal Valencia, conocida hasta el año 2011 como Terminal Marítima Valenciana, es la principal terminal del puerto de Valencia e superficie y en tráfico de contenedores. Cuenta con la escala de las principales navieras del mundo y con una importante conexión de servicios feeder.

Tras la aprobación definitiva de la APV el pasado mes de junio de 2018 de la ampliación de la concesión por 10 años a Noatum, está se prolongará hasta el año 2041, sumando un total de 45 años. Esta ampliación de la concesión era una de las condiciones que imponía Cosco Shipping para la compra de la mayoría de la terminal, que ahora ya posee.

Con la ampliación de la concesión, Noatum se compromete a invertir 26,5 millones adicionales en nuevas grúas e infraestructuras como la pavimentación del dique este de la terminal pública.

4.1. Descripción

La Terminal Noatum Container Terminal está ubicada en la Dársena Sur del puerto, ocupando los muelles Príncipe Felipe, Muelle Este, y Muelle Costa. Este último fue una ampliación que entro en servicio el año 2016.

La incorporación del Muelle costa a la terminal aportó una superficie de 24HA ,y sumó 540 metros a la línea de atraque.





ILUSTRACIÓN 24 MUELLES DEL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: PUERTOS DEL ESTADO

Es una terminal dedicada únicamente al tráfico de carga contenerizada, el 65% del cual es de trasbordo. Cuenta con conexiones terrestres por carretera y por ferrocarril.

Funciona de forma convencional, con automatizaciones menores que mejoran el funcionamiento de la maquinaria y facilitan el trabajo de los estibadores, pero en ningún caso prescinde de ellos.

El patio de contenedores es operado por RTGs, en bloques dispuestos de forma paralela al muelle, complementado los movimientos con Reach Stacker y containeras de vacío. Los movimientos de interconexión los realizan cabezas tractoras que arrastran plataformas sobre las que se depositan los contenedores.

Los contenedores de dimensiones singulares que no pueden apilarse, también disponen de zonas reservadas a este tipo de contenedores, se ubican en las zonas menos próximas al muelle. Para manipularlos suele emplearse una Reach Stacker, por lo que se precisa el espacio suficiente para que esta pueda trabajar con facilidad. Además, es posible que la manipulación de algunos contenedores precise que elementos especiales como eslingas para ser manipulado.

De igual modo, los contenedores vacíos y los refrigerados se ubican en los extremos de la terminal, reservando la parte central y más próxima a la zona de trabajo del buque. Los contenedores vacíos se agrupan en bloques de mayores dimensiones, 10 andanas, y de 5 alturas como máximo, en las zonas más alejadas del muelle. En concreto en la parte más al sur-este del muelle Príncipe Felipe, y la parte más al oeste del Muelle Costa, con espacio para que puedan trabajar las containeras de vacíos. Los

contenedores refrigerados, ocupan los bloques de ambos extremos, este y oeste del Muelle Príncipe Felipe. Estos deben estar conectados y por tanto precisan de una zona preparada para estos.

La terminal cuenta también con una zona de inspección, operada por reach stacker, situada justo al lado de las puertas de entrada y salida de los camiones.

Cabe destacar que la zona del muelle Este no funciona como patio de almacenamiento, pues no se han realizado aún las obras oportunas, utilizándose únicamente de este muelle la línea de atraque.

4.2. Instalaciones

- Línea de atraque: 2.310 m.
 - M. PRÍNCIPE FELIPE: 1.440 m, 93 Ha.
 - M. ESTE: 340 m, 13 Ha.
 - M. COSTA: 530 m, 24 Ha.
- Calado: 16 m. 18 metros en la zona central del Muelle Príncipe Felipe
- Área total: 145 Ha.
- Área zona pilas: 110 Ha.
- Capacidad del patio: 84.000 TEUs.
- Contenedores frigoríficos: 1585 conexiones.

4.3. Equipamiento

- Muelle:
 - 20 Grúas STS. Twin lift.
 - 4 Super Post Panamax (19-40 t).
 - 15 Over Super Post Panamax (22-61/65 t).Capaces de operar buques de hasta 16.000 TEUs.
 - 1 Malaccamax (25–65 t).
- Patio:
 - 58 RTG (24x51 t, 34x40 t).
 - 8 Reach Stacker (45 t).
 - 1 Frontal (30t)
 - 13 Containeras de vacíos (10t).
 - 98 Yard tractors.

4.4. Accesos Viarios

Los camiones que entren han de pasar dos accesos, el número 1 constituye una puerta de acceso al puerto en general, mientras que la número 2 es la puerta de entrada a la propia terminal.

Ésta está reservada únicamente para camiones y cuenta con:



- 8 carriles de entrada
- 5 carriles de salida



ILUSTRACIÓN 25 PUERTAS DE ENTRADA AL PUERTO Y A NOATUM. FUENTE: GOOGLE EARTH

Los camiones deben recorrer alrededor de 2,5 km desde la puerta de entrada al puerto hasta la puerta de entrada a la terminal. La separación que existe entre ambas puertas evita que la puerta general del puerto colapse en caso de que lo haga la de la terminal, evitando que se produzcan colas que interfieran en el tráfico del resto del puerto.



ILUSTRACIÓN 26 PUERTAS DE ACCESO A NOATUM. FUENTE: GOOGLE EARTH

Las puertas de esta terminal funcionan de forma automática desde el año 2012, empleando un sistema automático de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). Este sistema permite la traducción de caracteres escritos o impresos mediante software, es decir, es un sistema de digitalización de textos, el cual es capaz de identificar de forma automática los caracteres de las matrículas de los vehículos, número de los contenedores y etiquetas IMO con un porcentaje de acierto superior al 99%, con lo que es un sistema que incrementa la seguridad y rendimiento de los procedimientos de acceso.

Su implantación básicamente consiste en la colocación de pórticos en los carriles de acceso a la terminal, equipados con sensores láser y magnéticos, múltiples cámaras e iluminadores para facilitar la visibilidad del sistema.

Además de en la puerta de entrada viaria, éste sistema tecnológico también está presente en el acceso ferroviario.

Asimismo, esta terminal cuenta también con un Sistema de Ubicación Automática de contenedores integrado con el sistema de gestión de grúa que optimiza los recorridos de carga y descarga y facilita el trabajo de los manipuladores, aunque es un sistema más orientado al subsistema de almacenamiento por lo que no haremos excesivo hincapié en el mismo.

La terminal ofrece también un servicio web en tiempo real en el que se puede consultar en cada momento la posición de la mercancía, así como el proceso en el que se encuentra involucrada.

4.5. Accesos Ferroviarios

En la siguiente imagen, podemos observar que la zona destinada al ferrocarril está ubicada en la parte más al sur de la terminal, en el Muelle Príncipe Felipe, justo en el otro extremo y paralela a la línea de atraque. La línea actual cuenta con 4 vías de 650 metros de longitud.

La zona destinada la terminal ferroviaria tiene una superficie de 50.000 m², y una capacidad de manipulación anual de 150.000 TEUs.

La terminal cuenta con un servicio de trenes completos para cualquier destino en España, así como con conexión directa a la red ferroviaria.



ILUSTRACIÓN 27 TERMINAL FERROVIARIA. FUENTE: GOOGLE EARTH

La terminal tiene previsto prolongar su terminal ferroviaria para que permita la llegada, de trenes de longitud 750 metros, 100 más que actualmente, y en un futuro de trenes de hasta 1 km de longitud.

De esta forma, se pretende desplazar también la ubicación de la puerta de entrada para camiones de forma que la nueva disposición, más o menos, como podemos ver en la siguiente imagen.

Una modificación importante que conlleva la ampliación de las vías ferroviarias será la extinción de terreno en una superficie aproximada de 50.000m², que corresponde a la zona próxima a la puerta de acceso a la terminal, que hasta el momento se utiliza para apilar contenedores vacíos.



ILUSTRACIÓN 28 AMPLIACIÓN DE LA TERMINAL FERROVIARIA. FUENTE: GOOGLE EARTH.

5. Terminal de contenedores como sistema

Según el Manual de Capacidad Portuaria, una terminal portuaria es un intercambiador modal que suele disponer de un área de almacenamiento en tierra para coordinar los diferentes ritmos de llegadas de la mercancía vía marítima y terrestre.

Su misión es la de proporcionar los medios y la organización necesarios para que el intercambio de dicha mercancía entre los modos terrestre y marítimo tenga lugar en las mejores condiciones de rapidez, eficiencia, seguridad, respeto al medio ambiente y economía.

El principal factor que diferencia una TPC del resto de terminales marítimas, a parte de los equipos y recursos empleados, es que pueden alcanzar un alto grado de sistematización. Ello es debido al alto grado de estandarización del elemento transportado, la estandarización en la forma de manipulación portuaria, el alto nivel de intercambios que se producen y la gran repercusión que representa la tecnología para la rentabilidad de la terminal.

Una terminal portuaria también puede definirse como un sistema integrado, con conexión física y de información con las redes de transporte terrestres y marítimas. Para su análisis se considera que está compuesto por cuatro subsistemas:

- Subsistema de carga y descarga de buques: interacción entre el buque y el muelle.
- Subsistema de almacenamiento: la función de este subsistema es el depósito temporal de los contenedores, y normalmente ocupa la mayor parte de la terminal.
- Subsistema de recepción y entrega: integrado por las puertas terrestres, almacenamiento temporal y accesos para camión y ferrocarril, equipados con las instalaciones de captación de información que en estas zonas se requiere.
- Subsistema de interconexión: es el encargado de asegurar el transporte de los contenedores entre los otros subsistemas.

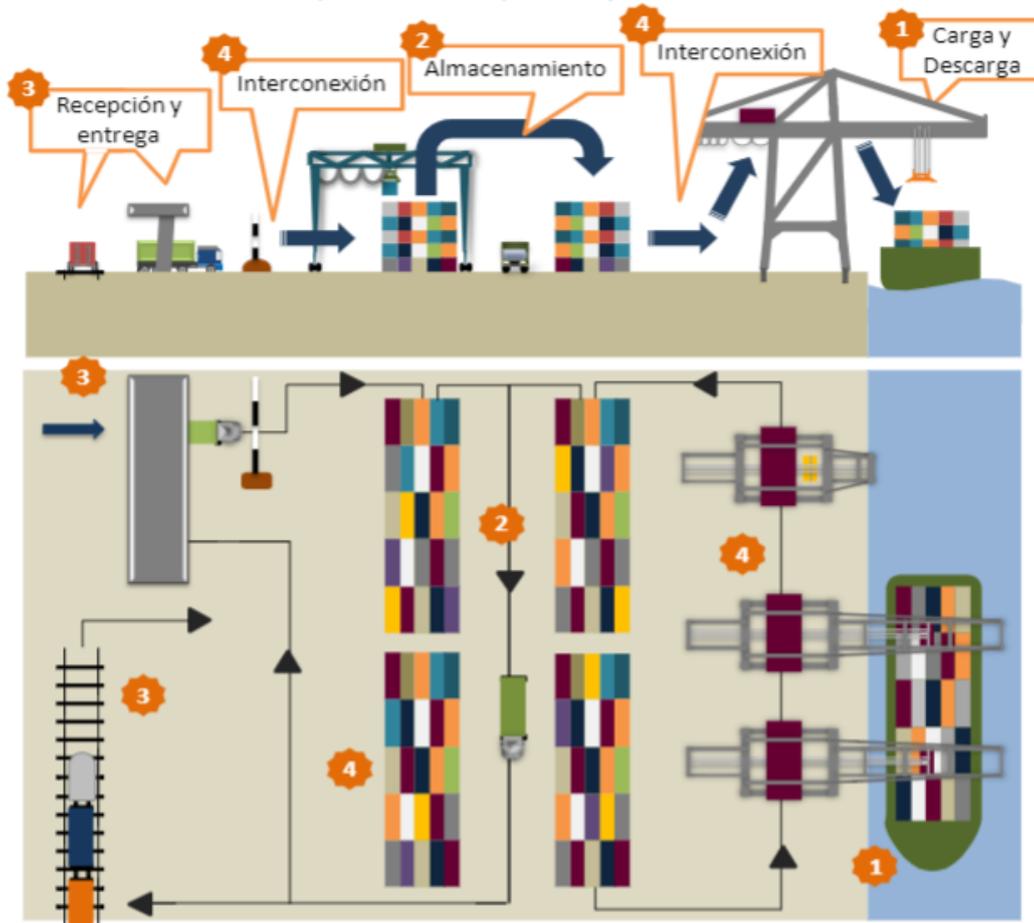


ILUSTRACIÓN 29 SUBSISTEMAS DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES. FUENTE: MONFORT ET AL., 2011

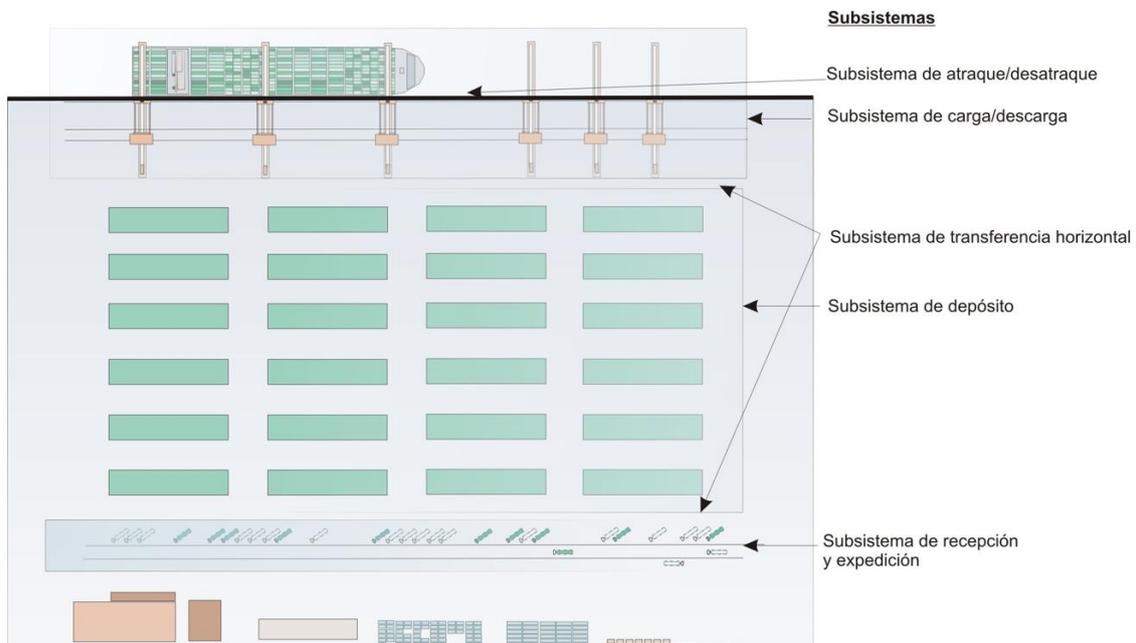


ILUSTRACIÓN 30 SUBSISTEMAS DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES. FUENTE: ROM

5.1. Subsistema de carga y descarga de buques

Este subsistema, como encargado de resolver la interfaz marítima del intercambiador modal, se caracteriza por el predominio del buque, como usuario muy particular, y las consecuencias que ello conlleva.

Las grandes dimensiones de los buques afectan considerablemente al sistema ya que, la adaptación al continuo crecimiento precisa grandes inversiones en los puertos. Las terminales se verán obligadas a adaptar los muelles a los nuevos tamaños y a la adquisición de nuevos equipos de carga y descarga más grandes y con mayor rapidez de operación. Las navieras también exigirán menores tiempos de estancia de sus buques en puerto, lo cual obligará a las terminales a aumentar constantemente su productividad.

En este subsistema se presentan dos tipos de operaciones relacionadas con la parte terrestre: una relacionada con el buque (atraque y desatraque) y otra de atención a la mercancía (carga y descarga de contenedores).

Para la carga y descarga de contenedores existen dos tipos básicos de grúas de muelle: las grúas pórtico y las grúas móviles, siendo estas últimas más polivalentes y las primeras diseñadas específicamente para operar con contenedores. Algunos buques llevan grúas en sus cubiertas, siendo equipos anteriores a la generalización del uso de grúas muelle en los puertos.

Las grúas de muelle son el equipamiento principal del subsistema de carga y descarga de las terminales de contenedores. La transferencia de contenedores entre el buque y el patio debe realizarse de forma ágil, evitando cuellos de botella que repercutan en el rendimiento global de las instalaciones.

El principal problema que plantea el movimiento de cargas dentro del muelle es el tiempo muerto de las grúas que descargan los buques y el uso de recursos para la realización de las tareas, con unos costes elevado.

El subsistema de carga y descarga debe atender la demanda de carga y descarga de contenedores del buque lo más rápido posible, en condiciones de seguridad y totalmente coordinado con el medio de transporte empleado para llevar las cargas a dentro de la terminal. Ello se lleva a cabo teniendo eficiencia, y un grado eficiencia adecuado se puede alcanzar atendiendo a los siguientes aspectos:

- Tamaño, velocidad y número de grúas adecuado.
- Grado de automatización de las mismas, así como el vehículo empleado para la interconexión con el patio de almacenamiento.
- Sistemas de comunicación de la terminal.
- La exactitud de la información suministrada por el consignatario, en lo que a la llegada y demás datos del buque se refiere, y la buena planificación.
- Dimensiones del muelle.
- Tipo de tráfico en terminal. Si es pública el número de clientes es mayor al caso privado.
- El grado de estandarización de la mercancía manipulada.

La automatización es uno de los aspectos presentes para alcanzar un mayor grado de eficiencia en el subsistema de carga y descarga, no solo en la operación de carga-descarga, sino también en los vehículos en los que se depositan los contenedores para su transporte a terminal. No obstante, sería un grave error considerar únicamente este aspecto para la terminal ya que, la obra civil y los nuevos sistemas de comunicación son también de gran importancia para que las operaciones se hagan, además de rápido, correctamente.



5.2. Subsistema de almacenamiento

Este subsistema intercalado entre el de carga-descarga de buques y el de recepción y entrega terrestre es el que ocupa con diferencia la mayor parte del espacio disponible de la terminal y responde a la necesidad básica de proporcionar una superficie de almacenamiento acorde con los distintos requerimientos que le vienen impuestos por los otros subsistemas, permitiendo acomodar el distinto ritmo existente entre estos.

El aumento general del transporte por vía marítima, la creciente tasa de contenerización y la concentración progresiva en pocos puertos han requerido de los puertos la disposición de enormes superficies de almacenamiento de contenedores por lo que la gestión de esta zona se ha convertido en un elemento cada vez más esencial para el buen funcionamiento de las terminales.

El principal objetivo de este subsistema es proporcionar una forma eficaz de atender los diferentes ritmos que existen entre la carga y descarga de buques, y la recepción y entrega de las mercancías a los modos de transporte terrestre. Para ello se precisa de una superficie de almacenamiento que es atendida por diferentes medios de manipulación, en cuya selección interviene múltiples factores. Por ejemplo, el espacio disponible, el coste del suelo o el volumen de contenedores, que condicionan también la altura de apilado y por tanto la elección de los equipos a emplear.

El subsistema de almacenamiento viene determinado en gran medida por el tipo de medios de manipulación que se van a utilizar. Éstos, a su vez, permiten grados de apilamiento y posibilidades de automatización muy dispares de manera que la elección de estos medios condiciona de una manera esencial a la propia terminal.

A lo ya expuesto se han de añadir unas zonas adicionales, que complementan la actividad de este subsistema como son:

- Los contenedores refrigerados: precisan de la disposición de unas zonas de almacenamiento singulares dotadas de conexiones eléctricas que permitan mantener las condiciones ambientales necesarias.
- Los contenedores de mercancías peligrosas: han de estar situados en zonas separadas del tráfico ordinario por exigencias de seguridad.
- Contenedores con dimensiones especiales que no pueden ser apilados, y no pueden manipularse con todo tipo de maquinaria.
- Zonas destinadas a la inspección de la mercancía de los contenedores que en algunos casos se realiza en zonas externas a la terminal y en otros, dentro de la misma.

Adicionalmente, en el subsistema de almacenamiento se sitúan distintas edificaciones, entre las que destacan:

- Talleres donde se efectúan operaciones de mantenimiento o reparación de la maquinaria de la terminal.
- Almacén de consolidación en el que se realizan las operaciones de grupaje confeccionando un contenedor a partir de mercancías de distinta procedencia, lo que se conoce como LCL (less



than container load). Este almacén podría ser considerado un subsistema adicional. Es un elemento que no está presente en muchas de las terminales de contenedores.

- Oficinas de la terminal en las que se llevan a cabo los procesos administrativos y gestiones que controlan gran parte de las operaciones portuarias y la relación con los clientes.
- La sala de control, donde se deciden, controlan y registran, en tiempo real, las operaciones que tienen lugar en la terminal.

5.3. Subsistema de recepción y entrega

Este subsistema se encarga de la interfaz terrestre, donde se tiene que atender generalmente a dos modos de transporte bien definidos: el del transporte por carretera y el del ferrocarril.

Con frecuencia se observa que la terminal se adapta a los ritmos del transporte terrestre, a los días y horarios de recogida y de entrega. (aunque intente optimizarlos por la vía de la mejora tecnológica).

Por el contrario, el ferrocarril permite concentrar la actividad en momentos que mejor convengan a la terminal, ofreciendo también una mejor eficacia en el intercambio documental. Este modo de transporte suele suponer únicamente una pequeña porción del tráfico terrestre que accede a la terminal. Normalmente se produce en la misma terminal, en los raíles que discurren de forma paralela a la zona destinada a camiones, aunque no siempre es así dado que, en determinados puertos, la transferencia de contenedores al sistema ferroviario se produce fuera de la terminal con zonas de almacenaje y sistemas operativos (grúas) propios. En este último caso, es necesaria una transferencia de contenedores desde la zona de almacenaje hacia la terminal, la cual será ejecutada por tráileres, generalmente.

El principal objetivo de este subsistema es facilitar la recepción o entrega de mercancías de una manera rápida, pero que sea compatible, en condiciones de seguridad en la obtención de la información, con el elevado número de intercambio documental y, en suma, de información, que en él se precisa.

Comprende tres procesos: proceso de llegada del modo terrestre, proceso de recepción y control de la carga y proceso de carga y descarga de los vehículos y viceversa.

Este subsistema se encuentra formado por todas las entradas, instalaciones y equipos necesarios para controlar y manipular las cargas que entran y salen de la terminal por vía terrestre, ya sea por carretera o ferrocarril.

Los elementos que más afectan al subsistema son:

- El tipo de tráfico de la terminal, en el sentido de que predomine el transbordo o el comercio exterior.
- El número de puertas que existen para atender a los vehículos que acceden o salen de la terminal.
- El sistema de obtención e intercambio de información establecido en este punto, especialmente el medio de obtención y de comunicación al control central de la terminal.
- La inspección física y de control de precinto del contenedor, tanto a la entrada como en la salida.

La mayoría de clientes son de tráfico tipo FCL, que viene a traer o llevarse un contenedor (casos muy diferentes), y que debemos observar tanto en el sentido de entrada como en el de salida:

En el sentido de entrada en la terminal:



- E-1) Plataforma de camión vacía que acude a cargar un contenedor vacío (que va a llevar a un depósito de contenedores o a un lugar donde ser cargado con mercancía).
- E-2) Plataforma cargada con contenedor lleno, para su entrega de cara a un embarque próximo.
- E-3) Plataforma vacía que acude a llevarse un contenedor cargado, desembarcado recientemente.
- E-4) Plataforma cargada llevando un contenedor vacío para su embarque.

En el sentido de salida de la terminal:

- S-1) Plataforma cargada con un contenedor vacío, que minutos antes entró en la terminal como un cliente antes denominado como E-1.
- S-2) Plataforma vacía, después de entregar el contenedor, tras su entrada en la terminal como un cliente E-2.
- S-3) Plataforma cargada con un contenedor cargado, que entró en la terminal como un cliente E-3.
- S-4) Plataforma vacía tras entregar un contenedor vacío.

En segundo lugar, estarían las combinaciones del anterior, si el cliente:

- Trae dos contenedores (cargados los dos o vacíos los dos).
- Trae dos contenedores, pero un contenedor va cargado y el otro vacío.
- Trae una plataforma vacía y otra cargada con un contenedor;

En tercer lugar, están las salidas y entradas de contenedores para someterlos a controles de inspección fuera de la terminal, si el puerto tiene esta disposición. Son salidas que más tarde tendrán su entrada, una vez realizada la inspección.

Las operaciones básicas a realizar en puertas serían adquirir la información para el embarque, acreditarse para la retirada. Los controles a realizar son: identificar al conductor, obtener las matrículas del contenedor y del camión, pesado del contenedor, comprobar el estado del contenedor, comprobar los precintos (si lleva mercancía), pues todo contenedor cargado debe ir precintado.

El contenedor debe pasar los controles de seguridad (scanner, radiología). Esto puede ser un servicio comunitario del puerto, que se pasa en un recinto aparte, antes de entrar a la terminal.

La puerta se forma con un conjunto de taquillas, la mayor parte de entrada y el resto de salida. Deben de disponer de lugar para que se puedan formar colas de entrada. Superada la puerta, según sea la terminal se dan dos situaciones: se le da acceso al patio para la entrega directa al almacenamiento (se le indica lugar donde tiene que acudir) o bien se le da acceso a un área próxima, para que le atienda un medio de interconexión que bien le recogerá un contenedor o bien le entregará otro, como ocurre en la TTI Algeciras.

Los posibles sistemas de organización eficiente de la puerta son:

- Preselección del tráfico, que consiste en segmentar la entrada por tipos de tráfico, lo que supondría disponer de pistas reservadas para camiones que entregan contenedores llenos, camiones que traen contenedores vacíos, camiones vacíos que vienen a recibir contenedores, sean estos llenos o vacíos. A veces, también se puede dedicar una puerta de salida con los controles mínimos (puerta desatendida) para servir a aquellos camiones que salen de vacío.

- Sistemas de puerta previa. Está constituido generalmente por los siguientes elementos: zona de seguridad opcional, puerta inicial con comunicación automatizada, puerta final con caseta de inspección, puerta única de salida.



En la entrada de un vehículo, en la primera fase se confirma la información registrada previamente (envío telemático), se pesa el contenedor y se capta su matrícula y la del vehículo. En la fase segunda, se incorporan normalmente funciones de inspección, como inspección de contenedor y precintos, que requieren operarios situados en casetas con equipos complementarios de apoyo.

En la salida se confirma el número del contenedor y se capta el número de la matrícula del camión. En caso de conformidad de los datos se abre la barrera. Los camiones sin contenedor pueden salir directamente.

Tanto en el caso de la automatización de las operaciones en puertas, como en el caso manual, la obtención de datos previa adquiere un papel relevante. En ambos casos la operación queda relegada a una mera comprobación, en el caso de asignación de equipos se prevé con anticipación, los equipos de manipulación necesarios, optimizando mejor el sistema, y por último pero no menos importante, la responsabilidad del error queda limitada al emisor de la información. En el caso de la utilización de un sistema automático, el sistema ya no intenta reconocer el número del contenedor, sino que intenta comprobarlo con el número recibido previamente, agilizando el proceso. En el caso de que se opere manualmente, el efecto es similar, pues el riesgo de error por el operador disminuye al realizar sólo comprobaciones, y además todo es más rápido.

5.4. Subsistema de interconexión

Este subsistema se encarga del intercambio de contenedores entre los otros 3 subsistemas de la terminal, empleando para ello medios mecánicos. La función principal de este subsistema es servir de manera eficaz una distribución interior de los contenedores, atendiendo a los requerimientos específicos que exijan los otros subsistemas. De ahí a que se le exija rapidez, seguridad, fiabilidad mecánica o la reducción de errores en las entregas, incluyendo tanto los movimientos físicos como de información generada durante las operaciones.

Se deben tener en cuenta ciertos aspectos:

- Si el subsistema de almacenamiento emplea plataformas, carretillas elevadoras o carretillas pórtico, pueden emplearse para este subsistema.
- La elección para el movimiento de contenedores en patio conlleva, de manera general, al empleo de plataformas de camión como medio básico para la interconexión de sistemas.
- Existen sistemas de interconexión de elevad
- a tecnología como lo son los AGV, con los que se logran soluciones con muy alto nivel de automatización.



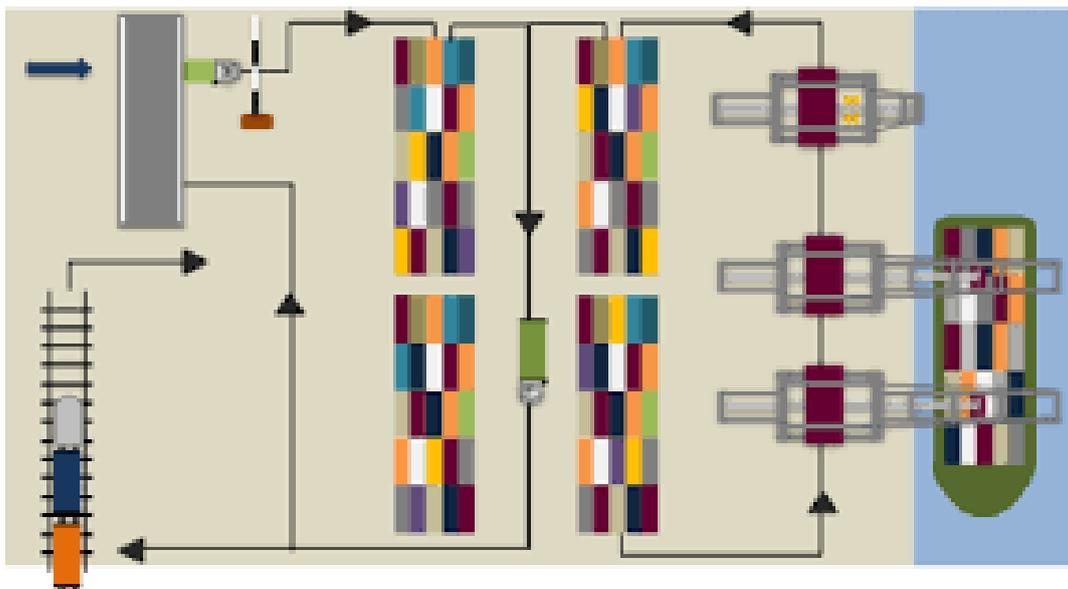


ILUSTRACIÓN 31 SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN. FUENTE: FUNDACIÓN VALENCIAPORT

6. Equipos empleados en una terminal de contenedores automatizada

6.1. Equipos de almacenamiento

6.1.1. Grúas ASC

Las grúas ASC, Automated Stracking Crane son las grúas empleadas comúnmente en las terminales de contenedores automatizadas. Dichas grúas son sistemas de manipulación concebidos para la carga y descarga del contenedor en un medio de transporte auxiliar y para su apilamiento en el patio, desplazándose sobre raíles y alimentadas eléctricamente.

Son empleadas normalmente en disposiciones de patio perpendiculares al muelle, pero pueden ser también con una disposición paralela a la línea de atraque.

Operan en las cabezas de los bloques, diferenciando el lado mar del lado tierra, en el caso de la disposición vertical del patio, y conectando con ambos subsistemas en las dos cabezas de bloque en el caso de la disposición horizontal. Esto implica que no es necesario que haya un carril de circulación entre los bloques, y por tanto permite un mayor aprovechamiento del espacio. No disponen de cabina de conductor en su estructura, ni voladizos ya que la carga y descarga de contenedores se realiza dentro del área de la grúa.

Están totalmente automatizadas y aunque incorporan la opción del control remoto, pueden realizar las operaciones de carga y descarga de camiones tripulados cuyas plataformas estén normalizadas y la grúa las reconozca. En caso de que no sea así, la ASC aproxima la carga de forma automática a 1 metro aproximadamente, y en ese momento pasa los mandos al control remoto. De esta forma un único operador puede controlar varias ASC.

Algunas de las características de las grúas ASC son las siguientes:

- Alto coste de inversión

- Reducen los costes de operación.
- Precisión para el posicionamiento y apilado automático, sin conductor.
- Sistema anti-sway y anti-skew, es decir, para evitar la oscilación, mejor que cualquier otra grúa, debido a la rigidez de sus brazos de apilamiento y la carga no va suspendida por cables.
- Totalmente eléctricas, no producen emisiones.
- Configuración del bloque: 8-10 ancho TGS, longitud 39-59 TGS
- Capacidad apilamiento en altura: 1-sobre-5
- Puede configurarse para SH / TT (modelo semiautomático) o ASH / AGV / L-AGV (modelo totalmente automatizado)
- Se utiliza con la estrategia dinámica dispersa completa del patio

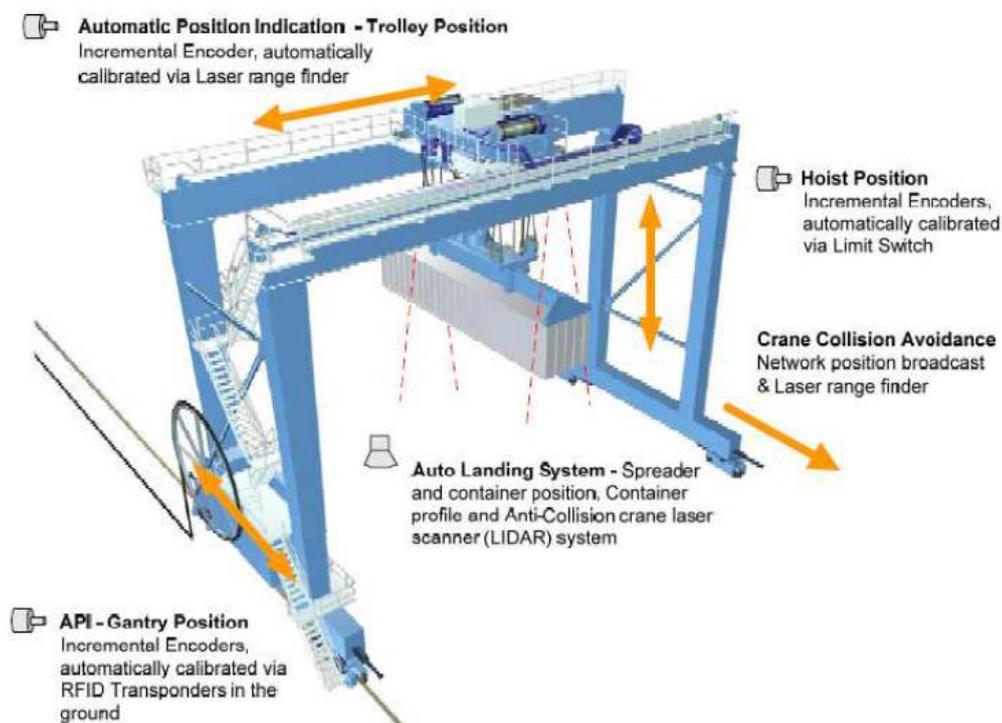


ILUSTRACIÓN 32 GRÚA ASC

Poseen al igual que en el transporte horizontal un software totalmente automatizado y tienen las características.

- El sistema operativo de la terminal (TOS): igual que en el sistema de transporte horizontal, es el encargado de crear adaptabilidad, eficiencia, órdenes de trabajo y hacer que el conjunto funcione como una sola unidad.
- El Software interno: es el encargado de manejar el sistema de la grúa y el almacenamiento de la carga
- El sistema de comunicación: encargado de la comunicación y operación del vehículo.
- EL sistema de localización: localiza el pórtico a lo largo del raíl y predice posibles colisiones y obstáculos a lo largo del movimiento.

Los ASC fueron fabricadas por primera vez para la terminal ECT de Rotterdam y más tarde fueron aplicadas en las terminales de Hamburgo. Fue en estos puertos en los que se introdujo un revolucionario concepto de tener dos ASC operando en un mismo bloque. Sin embargo, hay una diferencia importante

en las tecnologías usadas en estas terminales. Las ASC utilizadas en Hamburgo son capaces de pasar una sobre otra con el objetivo de que puedan operar en el bloque entero. Por otro lado, en Rotterdam las ASC no son pasantes y tiene como resultado que cada grúa opera una parte del bloque. Si un contenedor necesita ser transportado de un extremo a otro del bloque, éste será transferido en una zona de intercambio o la grúa del otro extremo al que quiere ser llevado deberá realizar el trayecto entero.

Ambas configuraciones requieren una cuidadosa estrategia operacional que coordine a ambar grúas para conseguir el éxito de su funcionamiento.

Grúas ASC Gemelas

En esta configuración son usadas dos grúas idénticas por bloque, y es la más habitual en las terminales automatizadas. Cada grúa es asignada a una parte específica del bloque. Habitualmente entre patas almacenan entre 6 y 10 filas de contenedores. Este sistema se utiliza en la terminal Euromax de Rotterdam y en el puerto de Antwerp, Bélgica.

Durante su operación, cada una de las grúas se encarga de todo el almacenamiento de uno de los lados del bloque. Por ejemplo, si se quiere almacenar cerca del lado A un contenedor que viene del lado B se pueden producir dos escenarios. El primer escenario, la grúa situada en el lado B transporta el contenedor hasta su localización final, pero, en este caso, la otra grúa debe permanecer cerca del extremo del lado A para evitar una colisión. El otro escenario posible sería que la grúa del lado B transporte el contenedor hasta una localización específica llamada 'overlapping' o "zona de intercambio" y lo posiciona para que la otra grúa lo recoja y lo lleve a su posición final.



ILUSTRACIÓN 33 GRÚAS ASC GEMELAS. FUENTE: KONECRANES.IN

Las ventajas de este sistema son que las dos grúas circulan por el mismo carril, disminuyendo costes, y un buen aprovechamiento del suelo, permitiendo ahorrar hasta un 18% respecto la configuración con grúas pasantes al no tener caminos de circulación de vehículos entre patas. Respecto a los inconvenientes, uno de ellos es la posible saturación de uno de los lados, existiendo para ese caso un protocolo de colaboración y ayuda entre grúas. Otro inconveniente es la posibilidad de que una de las grúas se averíe, e impida a la otra acceder a uno de los extremos del bloque.

Los datos técnicos generales de las ASC utilizadas en este sistema se resumen en la siguiente tabla:

CHARACTERISTICS OF NON-PASSING ASCs	
Characteristics	ASCs
Crane speed	4 m/s
Trolley speed	1m/s
Hoist speed	36-72m/min
Max. Height for lifting	17,8m
Width	35m

TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÚAS ASC GEMELAS. FUENTE: PORTTECHNOLOGY

Grúas ASC Pasantes

Son una derivación de las grúas ASC Twin, en la que se usan dos grúas ASC de tamaños diferentes. Su uso no está muy extendido en Europa, la terminal CTA Altenwerder del Puerto de Hamburgo, una de las más automatizadas del mundo, trabaja con este tipo de grúa pasantes.

En su diseño se intenta maximizar su flexibilidad y, al contrario que las grúas ASC gemelas, existe la posibilidad de operar con ambas grúas en los dos lados del bloque de contenedores cuando alguno de estos está saturado. La interferencia entre las dos ASCs tiene lugar cuando la mayor está izando o bajando un contenedor y, en ese caso, la grúa menor no puede pasar por debajo. Sin embargo, priorizar las ACS bajo esta configuración no es demasiado perjudicial para el sistema, pues después de esta breve interrupción los ACS pasan y continúan con su tarea. La grúa más pequeña actúa normalmente en el lado más rápido de generación de órdenes, debido a una mayor velocidad.

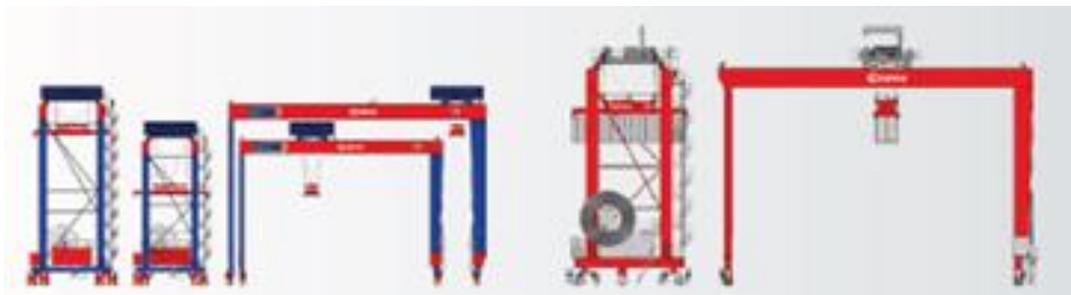


ILUSTRACIÓN 34 GRÚAS ASC PASANTES. FUENTE: REVISTA INGENIERÍA NAVAL

Este tipo de grúas tienen un mayor coste y requieren de una superficie por bloque mayor, por lo que se debe disponer de área suficiente en el patio de contenedores, pues necesitan dos líneas de carriles para poder hacerlas pasantes. Además, la grúa superior tiene un tamaño mayor, por tanto, su coste de explotación es mayor (consumo eléctrico, motor) y su velocidad de operación es más lenta.

Los datos técnicos generales de cada una de estas grúas se resumen en la siguiente tabla:

CHARACTERISTICS OF SMALL AND LARGE ASC IN THE PASSING CRANE CONFIGURATION		
Characteristics	Small ASC	Large ASC
Crane speed	3 m/s	3m/s
Trolley speed	1m/s	1m/s
Hoist speed	36-72m/min	36-72m/min
Height crane	22m	27m
Max. Height for lifting	15,5m	21,5m
Width	31m	40m

TABLA 3 CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÚAS ASC PASANTES. FUENTE: PORTTECHNOLOGY

Las conclusiones obtenidas son que la grúa pasante sería la más flexible y adecuada, si el trabajo es mayor en un lado que en otro (normalmente lado mar), debido a que ambas son capaces de operar en ambas cabezas de bloque, muy seguidas por las gemelas no pasantes. Las gemelas no pasantes son las más adecuadas si ambos lados están compensados en el número de movimientos, si un lado del bloque tiene más productividad, ese lado puede llegar a colapsarse. El espacio y la densidad de patio se ve afectado en la utilización de ASC pasantes, 8 bloques de ASC gemelas no pasantes equivalen a 7 bloques de pasantes. Una única ASC por bloque tiene una productividad muy baja.

Por último, añadir una tabla comparativa de los distintos sistemas de grúas ASC, en el cual nos da en un sencillo recuadro unas conclusiones de rápido entendimiento.

	Única ASC	ASC pasante	ASC no pasante
Capacidad	--	+	++
Flexibilidad	--	++	+
Complejidad	0	++	+

TABLA 4 CONCLUSIONES DE LAS GRÚAS ASC. FUENTE: CIDESPORT.COM

6.1.2. Cantilever ARMGs

La siguiente configuración en la lista de más utilizadas sería la que emplea grúas RMGs cantiléver (C-RMGs) con pilas de gran tamaño, paralelas o perpendiculares al muelle.

Son grúas pórtico autopropulsadas sobre raíles que, utilizadas en su mayoría en terminales de mucho tráfico y poco espacio, en puertos secos y terminales de ferrocarril y ferropuertuarias. Son ampliamente utilizadas en el área de China y Corea.

En este tipo de maquinaria la carga y descarga se realiza por ambos lados, dejando un pasillo lateral para la circulación de vehículos, aunque habitualmente se utilizan para medios de transporte horizontal de equipos manuales.

Este equipo suele tener una anchura de pilas de entre 10 y 15 contenedores y una altura entre 4 y 5. La elección de este tipo de maquinaria tiene ventajas e inconvenientes. Se generan pérdidas de espacios bajos los voladizos, al pasar el contenedor entre las patas la estructura debe ser más robusta, por lo que

conlleva un elevado peso y una infraestructura con una cimentación reforzada. Por otro lado, al poder operar por ambos lados genera libertad de movimiento y flexibilidad.



ILUSTRACIÓN 35 RMG CANTILEVER ARMGS FUENTE: DOWELL-CRANES.COM

Algunas de las características de estas grúas son las siguientes:

- RMGs con cantilever alineados perpendicularmente al muelle
- Configuración del bloque: 8-10 ancho TGS, longitud 39-59 TGS
- Capacidad de apilamiento en altura: 1-sobre-5
- Interacción en los extremos de las pilas (LSTP / WSTP) y entre módulos sólo para L-AGVs
- Pick-up automatizado en camiones tripulados
- Configurado para L-AGV (modelo totalmente automatizado)
- Se utiliza con la estrategia dinámica dispersa completa del patio

6.1.3. Straddle carriers o Autostrads

Son carretillas pórtico que cargan el contenedor entre sus patas, transportándolo en paralelo a su dirección de desplazamiento y pueden elevarlo a varias alturas. Los mismos SC que recogen los contenedores descargados de la grúa muelle son los que transfieren el contenedor a explanada y lo estiban. Realizan el mismo proceso invertido para las operaciones de exportación.

De esta forma, permiten una interacción con la grúa muelle totalmente desacoplada, ya que esta puede depositar los contenedores que descargue en el suelo y los SC los recogerán, y a la inversa.

El fabricante de straddlecarrier automáticos Kalmar del grupo Cargotec (principal fabricante mundial de SC), les llama Autostrad. Pero al igual que los SC convencionales, también requieren mucho más espacio para maniobrar y alcanzan alturas de apilado relativamente bajas, por lo que las densidades de apilamiento que consiguen son inferiores al resto de sistemas.



ILUSTRACIÓN 36 TERMINAL OPERADA CON AUTOSTRAD. FUENTE: SOHU.COM

Las principales características de este sistema de almacenamiento son las siguientes:

- Permiten estibas perpendiculares o paralelas al muelle
- Capacidad de apilamiento en altura : 1-sobre-2
- Pick-up automatizado en camiones tripulados
- Baja densidad de patio
- Se utiliza con la estrategia dinámica dispersa completa del patio

6.2. Equipos de interconexión

6.2.1. AGV

El AGV es el primer tipo de vehículo de transferencia interna autoguiado que prestó servicio en las terminales de contenedores⁷. Consiste en una plataforma no articulada con capacidad de carga de 1×20', 2×20', 1×40' y 1×45'. Excepcionalmente, también pueden cargar 1×30' en diseños especiales. Su velocidad de transporte oscila entre 3 y 6 m/s, básicamente por razones de seguridad. No dispone de ninguna otra funcionalidad que el transporte de contenedores y su uso representa el principal cuello de botella de las operaciones en una terminal.

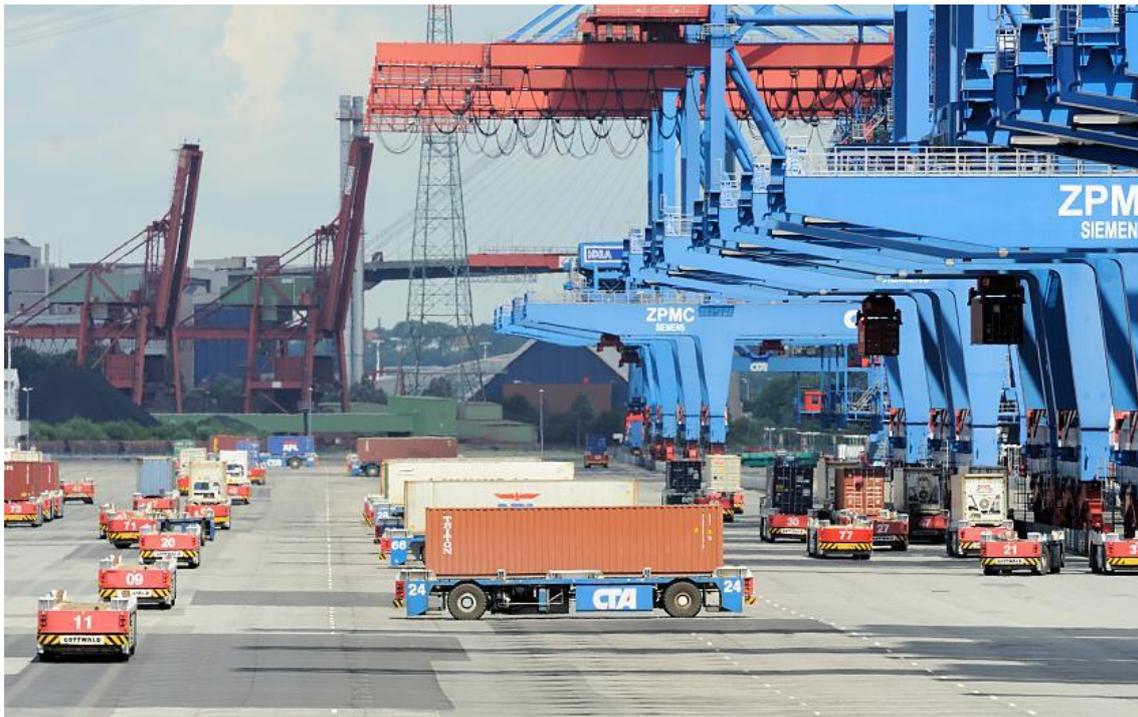


ILUSTRACIÓN 37 AGV COMO TRANSPORTE HORIZONTAL. FUENTE: BUIDARCHIV-HAMBURG

Dada su baja velocidad y la enorme cantidad de reglas de tráfico necesarias para poder gestionar el sistema de manera segura, se pueden producir retrasos si no hay un vehículo AGV disponible a pie de buque en la descarga de un contenedor, o en la transferencia desde la pila de contenedores en la cabeza de la calle. De la misma manera, el AGV queda atrapado con un contenedor encima hasta que no es liberado por la grúa STS en la operación de carga al buque, o por la grúa apiladora si hay que apilar el contenedor en el patio, recibido desde una descarga o en una remoción entre calles.

Es lo que se conoce como operación completamente acoplada. La cola de trabajos de la grúa apiladora depende completamente de la disponibilidad de vehículos autoguiados en las cabezas de las calles, mientras que el rendimiento de éstos depende enteramente de la eficiencia de esta grúa y de la grúa STS en el otro extremo. A su vez, el rendimiento de esta última depende de la disponibilidad de vehículos AGV.

Por tanto, cualquier alteración en el ritmo de trabajo en cualquiera de los sistemas, influye directamente en los otros sistemas, ya que no existe espacio de amortiguación para absorber los picos. Una posible solución a este problema es la creación de una reserva de vehículos AGV (es decir, vehículos que actúan como amortiguadores del flujo irregular de trabajo en cualquiera de los dos otros sistemas). Esto supone una solución costosa, dado que requiere una inversión adicional para poder gestionar momentos puntuales.

Los primeros de estos vehículos que funcionaban propulsados por un motor de combustión interna a un sistema híbrido y a los actuales 100% eléctricos con la capacidad de poder reemplazarse las baterías de forma autónoma. La siguiente evolución de estos vehículos fueron los llamados cassettes que son unos vehículos cuyo sistema de propulsión va soterrado en el pavimento de la terminal y mediante unos condensadores va cargando el vehículo de forma inalámbrica.

6.2.2. AGV-Lift

Los AGV-Lift son una evolución de los AGV capaces mediante dos plataformas izar 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 desacoplar parcialmente las operaciones.



ILUSTRACIÓN 39AGV-LIFT. FUENTE: CIDESPORT

6.2.3. Shuttle carriers o Autostrads

En el apartado anterior ya hemos definido estos equipos como equipos de almacenamiento en el patio, pero pueden ser usados también como equipos de transporte horizontal únicamente, disponiendo en el patio de almacenamiento de otro sistema diferente.

La gran ventaja que tienen los Austostrad como medio de interconexión, es que permiten el “decoupling” (desacoplar) completo de los subsistemas. Estos recogen los contenedores que la grúa deposita en el suelo y los transportan hasta el lugar donde los recoge el equipo de almacenamiento sin la necesidad de esperar a que este lo descargue, pues pueden cargarse y descargarse de forma autónoma.



ILUSTRACIÓN 40 AUTOSTRAD. FUENTE:CIDESPORT

Tienen la capacidad de posicionarse sobre un contenedor de 20', 40' o 45', reconocerlo, colocar el spreader sobre él, abrir y cerrar los twistlocks del mismo en los dados de contenedor, izarlo y transportarlo hasta el lugar designado. Una vez allí, depositarlo con la operación inversa a la izada y todas estas operaciones de forma automatizada, sin intervención humana.

Se consigue independizar los recorridos de los transportes con los ciclos de carga y descarga de las grúas (decoupling).

TABLA 5 PROS Y CONTRAS DE LOS AGV Y AGV-LIFT. FUENTE: APUNTES MÁSTER EN GESTIÓN PORTUARIA. VALENCIAPORT

PROS	CONTRAS
CAPEX	Proceso acoplado en áreas de transferencia para AGV y en STS para L-AGVs
Coste operativo	No se puede almacenar extensivamente en las cabezas de los bloques
Proceso desacoplado en el patio de contenedores (para los L-AGVs)	Se necesita espacio en el “apron” para posicionar las unidades de espera.
Limitación de peso de 60 toneladas en modo TwinliftDiesel Electric	Flexibilidad limitada en STS
Sistema de navegación sobradamente probado	Enrutamiento inflexible debido al sistema de navegación de transpondedor
Sistema de gestión de tráfico sobradamente probado	Tamaño de flota alto

Capacidad de hacer movimientos de cangrejo	Gran cantidad de situaciones de congestión
	Elevada realción STS/ AGV (1/6)
	Manejo difícil de excepciones

TABLA 6 PROS Y CONTRAS SE LOS AUTOSTRAD. FUENTE:: APUNTES MÁSTER EN GESTIÓN PORTUARIA. VALENCIAPORT

PROS	CONTRAS
Proceso desacoplado completo en la áreas de transferencia	CAPEX
No se necesita espacio en el “apron” para posicionar las unidades en espera	Coste operativo
Puntos de transferencia flexibles en STS	Limitación de peso de 50 toneladas en modo Twinlift
Se puede almacenar extensivamente en las cabezas de los bloques	Manejo difícil de excepciones
Se puede operar manualmente y automatizar más tarde	
Diésel eléctrico	
Sistema flexible de gestión del tráfico	
Tamaño de la flota reducido	
Menos situaciones de congestión	
Baja realción STS/ AGV (1/2,3 – 1/3)	

6.3. Equipos de muelle

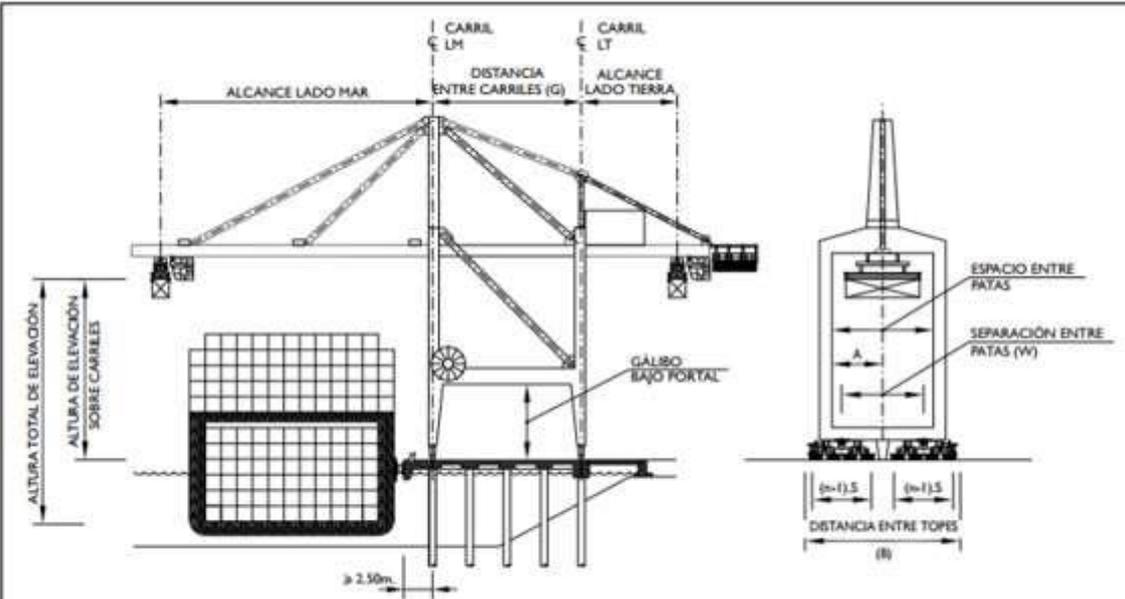
Aunque existen grúas móviles capaces de cargar y descargar contenedores de los buques, su bajo rendimiento en comparación con las grúas pórtico, hace que estas últimas se hayan estandarizado en las terminales portuarias de contenedores.

Las grúas pórtico empleadas para la operación de carga y descarga de los buques son grúas, guiadas por carriles en su base y que se encuentran dotadas normalmente de 3 movimientos: longitudinal, el cual es realizado a través de los carriles; transversal, por medio del carro donde se desplaza el spreader con los contenedores; y el de izar y arrizar el contenedor.

Existen fundamentalmente dos tipos de clasificaciones a la hora de diferenciar este tipo de grúas: el primero de ellos, atendiendo a la forma en la que se retira la pluma; y el segundo, atendiendo a las dimensiones de alcance. En cuanto a la primera clasificación no va a desarrollarse debido a que la grúa convencional es la más económica y empleada a nivel mundial.



No obstante, la segunda clasificación tiene mayor importancia ya que, dependiendo de la elección de una grúa, se podrán atender unos buques u otros. Es por ello que, en España, las Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM 2.0-11), muestra algunas de las características geométricas de cada uno de los tipos existentes: Feeder, Panamax, Post Panamax, Super Post Panamax, Suezmax y Malacamax.



TIPO DE GRÚA PARA CONTENEDORES						
Para buques con nº filas de contenedores en manga	< 13	13	13-17	17-19	19-22	≥ 22
Tamaño buque máximo de proyecto	Feeder	Panamax	Post Panamax	Super Post Panamax	Suezmax	Malacamax
Capacidad del buque (TEUS)	300-3.000	3.000-4.000	4.000-8.000	8.000-10.000	10.000-12.000	> 12.000
Manga del buque (m)	21-32,3	32,3	32,3-43	43-46	46-53	53-60
CARACTERÍSTICAS GRÚA						
Capacidad de elevación bajo spreader (kN)	320-400	400	500	520	580	+ 650
Alcance lado mar (m)	30-35	35-47	45-47	50-55	55-60	65-75
Alcance lado tierra (m)	10	12-18	15-18	15-20	15-20	15-22
Max. altura de elevación sobre carriles (m)	25	30-34	34	34	36	40-46
Max. altura total de elevación (m)	50	50	50	52	54	+ 60
Gálibo bajo portal (m)	12	12	12	12-15	15	12-18
Peso (kN)	4.000-5000	5.000-8.000	9.000-12.000	10.000-13.000	11.000-15.000	16.000-20.000
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA						
Distancia (G) entre carriles (m)	15-30,50	30,50	30,50	30,50	30,50	30,50-40
Espacio entre patas (m)	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
Separación (W) entre patas (m)	13-15	15-17	15-17	15-17	15-17	15,17
Nº ruedas por pata (n)	6	B	8	8	E	8
Separación (S) de ruedas (m)	1,00-1,20	1,20-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50
Distancia (B) entre topos (m)	20-24	24-27	24-27	24-27	24-27	24-27
Distancia (A) tirante anclaje/agarre (m)	9	9	9	9	9	9

TABLA 7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LAS GRÚAS PÓRTICO SOBRE RAAÍLES PARA CONTENEDORES. FUENTE: ROM 2.0-11

Estas grúas son las únicas de todo el proceso de automatización, que todavía precisan de gruísta/ operador, aunque sea en remoto.

Su evolución ha ido encarada a la implementación de automatizaciones menores, que permiten evolucionar gradualmente hacia una automatización del sistema de carga y descarga con el fin de lograr avances en términos de seguridad.

Conforme las grúas se han ido haciendo más grandes, las distancias a recorrer por el spreader son cada vez mayores lo que supondría una inaceptable pérdida de productividad. Esto ha obligado a que los motores sean cada vez más potentes, con lo que las aceleraciones han ido aumentando, lo cual ha ocasionado varios problemas:

- snag (tirón), provocado porque cuando el contenedor ha sido capturado, el cableado no está tenso, y al izar el conjunto acelera muy rápido (está en vacío) hasta que los cables tensan, trasladando una gran carga sobre la estructura de la grúa. Para mitigarlo las grúas llevan sistemas de amortiguación que palían el tiro.
- sway (balanceo), provocado por las aceleraciones que hacen que el contenedor colgado oscile, con la dificultad que ello conlleva para colocarlo en su sitio. Las grúas incorporan sistemas de control del balanceo, que lo mitigan notablemente.
- Skew (oblicuidad), que pueden ser corregidas mediante dispositivos.

Las grúas más avanzadas incorporan optimizadores de recorrido del contenedor evitando izados excesivos. Para este fin se han diseñado perfiladores que continuamente calculan la sección transversal adaptando los recorridos a realizar en cada pasada.

La empresa ABB, presenta un ejemplo de mejoras para automatizar al máximo la operativa de las grúas de muelle. Dicho sistema incluye:

- Electronic Load Control (ELC): Se trata de un sistema que permite calcular la trayectoria óptima del spreader, siendo perfectamente implementable de manera conjunta con los sistemas anti-sway y posicionamiento de carga.
 - Sway control: se trata de sistemas automáticos para minimizar los movimientos pendulares que incorporan las grúas modernas.
 - Posicionamiento de carga: gracias a una cámara instalada en el trolley, manda la situación exacta del contenedor al sistema de control de la grúa.
- Skew control: Esos sistemas electrónicos ajustan las inclinaciones, giros y/o balanceos alineando perfectamente el spreader cargado en la bodega del buque, con el sistema de interconexión o con el spreader vacío sobre el contenedor, ajustando hidráulicamente la longitud de cada uno de los cuatro cables que lo sujetan al trolley mediante un conjunto de cilindros.
- Ship Profiling System (SPS): dispositivo basado en tecnología láser, el cual dibuja continuamente el perfil de los contenedores del buque, mejorando la seguridad de todo el ciclo de carga y descarga. La primera vez que el spreader iza y se sitúa a bordo, el programa toma datos de la altura del buque y dimensiones de la carga, que traslada a la pantalla del operador de la grúa. En cada movimiento de carga y descarga, el perfil del buque varía en la pantalla a tiempo real, comparando el escaneo del movimiento anterior con el del siguiente. Si el sistema detectara algún error, lanzaría una alarma al panel de control para que el operador pueda revisarlo o desactivarlo en cualquier momento.

Por otro lado, con el objetivo de mejorar la productividad y reducir los tiempos de carga y descarga de contenedores se ha desarrollado un tipo de spreader que permite la elevación simultánea de dos contenedores de 20 pies. Este tipo de operación se conoce como twin-lift. En la actualidad existen más combinaciones posibles adicionales: spreader para dos contenedores de 40 pies (o de 45 pies) en paralelo (Tandem); cuatro contenedores Tandem Quattro de 20 pies; Triple en paralelo, para tres FEU o seis TEU. Pretender mover muchos contenedores a la vez, tiene el inconveniente de que los spreaders son muy pesados (y caros), y requieren una grúa potente, además precisar su preparación desde/para una estiba adecuada.



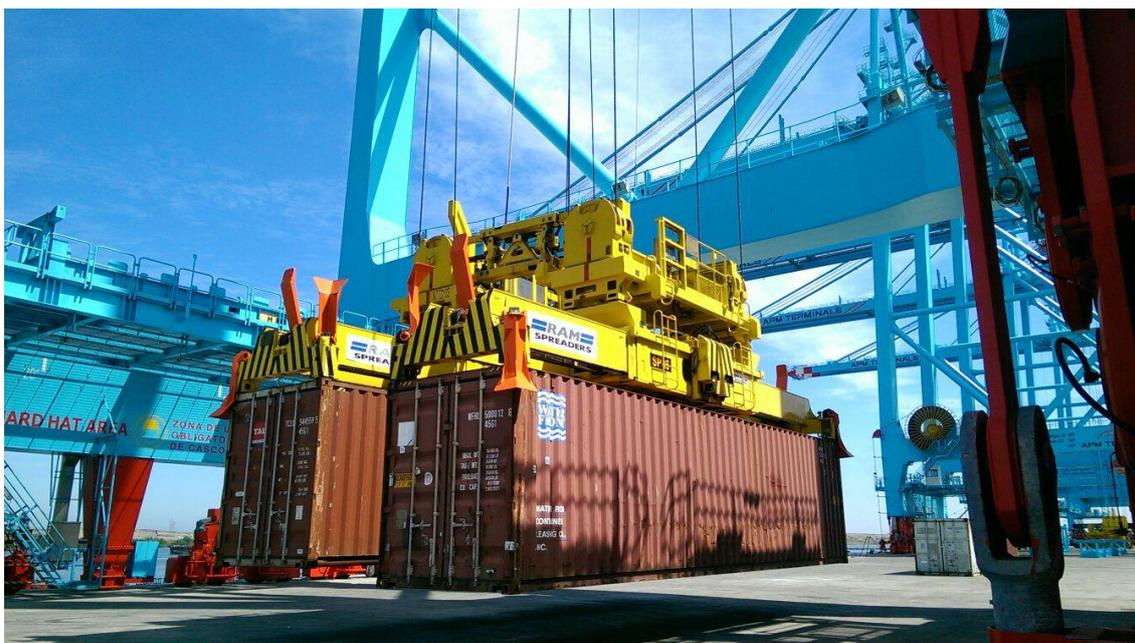


ILUSTRACIÓN 41 SPREADER TÁNDEM. FUENTE: RAMSPREADERS

También se puede destacar el Double trolley. Las grúas que tienen este sistema tienen una plataforma a modo de andamio con espacio para dos contenedores que permite que un movimiento completo desde el barco al muelle sea efectuado en dos partes: una primera entre el punto de enganche en el barco y la plataforma, y la segunda entre ésta y el muelle. La plataforma es un punto de almacenamiento y enganche intermedio, y su importancia estriba en que el movimiento entre ella y el muelle puede ser automatizado fácilmente. Los esfuerzos para automatizar los movimientos entre el punto de enganche en el barco y la plataforma han tenido siempre más dificultad, debido a los movimientos de la grúa y el buque. Por eso las grúas de 'double trolley' pretenden automatizar sólo aquellas maniobras que den resultados prácticos. Por otro lado, estas grúas pueden elevar la productividad en un 50%, pero con el inconveniente de tener un entre un 30 y 50% de más coste respecto de las convencionales y de la posibilidad de requerir de otro gruísta.

Para mejorar el rendimiento de las grúas, algunas terminales automatizadas en Europa se han inclinado se por las grúas de doble ciclo. Otras terminales automatizadas han preferido seguir apostando por el ciclo único, utilizando el modelo de grúa más actualizado y con mayores rendimientos. Se consigue, así, obtener índices de carga/descarga superiores a los de las terminales convencionales, manteniendo el nivel de la tecnología en su nivel experimentado más alto.

6.3.1. Automatización de Twist- Locks

Los Twist-locks, son las piezas que ayudan a mantener a los contenedores inmóviles en el buque. Son un sistema de anclaje entre contenedores presente en todos los buques portacontenedores actuales. Se colocan en los dados de la parte inferior del contenedor y al situar el contenedor sobre otro, enganchan con los dados de la parte de arriba del contenedor inferior.



ILUSTRACIÓN 42 COLOCACIÓN Y EJEMPLO DE TWIST-LOCK- FUENTE: NAUICEXPO.COM

Con poco éxito, esta parte de la operación de carga y descarga de buques se ha intentado automatizar.

Una de las formas es mediante estaciones automáticas (Automated pin-station), donde se colocan los twist-locks en los contenedores.

Son plataformas que se activan con el peso del contenedor, al detectarlo colocan o retiran estas piezas. La gestión de este tipo de unidades es compleja por el hecho de tener que gestionar los stocks de twist-locks de cada barco.

El sistema consta de una base estructural con 8 guías laterales y dos frontales que tienen unos módulos capaces de manipular una amplia gama de twistlocks. Este sistema se controla por un operario mediante una pantalla de control táctil, en la que puede seleccionar el tipo de twistlock con el que se trabaja, el tamaño del contenedor y se dirige la operativa por control remoto. De esta forma se reduce el número de trabajadores necesarios a 1.

Es una de las operaciones con mano de obra más intensiva y con una potencialidad de mayor ahorro de costes y de accidentes, pero también una de las partes más complicadas de automatizar del proceso. Se estima que dos estibadores tardan de media 20 segundos por contenedor en realizar esta tarea.



ILUSTRACIÓN 43 PLATAFORMA DE COLOCACIÓN DE TWIST-LOCKS AUTOMÁTICA.
FUENTE:RAMSPREADERS.COM

6.3.2. Sistema de reconocimiento en descargas y cargas de buque

Los problemas de reconocimiento de las numeraciones de los contenedores, su estado de daños, su correcto etiquetado, posición, etc... en el momento de transferencia entre terminal y buque conlleva un alto coste en mano de obra para certificar que la carga se reciba o expide por vía marítima en buenas condiciones.

La implantación de cámaras en las grúas STS, con sistemas OCR muy precisos, han conseguido hacer que la intervención manual en este proceso pueda eliminarse o reducirse a la gestión de incidencias.

A día de hoy la fiabilidad en las lecturas se encuentra cerca del 99% y el almacenaje de imágenes protege a las terminales de potenciales reclamaciones por daños de los contenedores. Además, de forma combinada entre varias terminales, ofrece una herramienta muy útil a las navieras para buscar la trazabilidad en los daños a los contenedores y responsabilizar al causante real del daño.



ILUSTRACIÓN 44 SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE CONTENEDORES EN LA GRÚA MUELLE. FUENTE. TERMINALES AUTOMATIZADAS Y SEMIAUTOMATIZADAS. FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS. UPC

7. Disposición del patio de contenedores

La distribución del patio de contenedores es uno de los factores determinantes en el funcionamiento de la terminal. Es importante conocer los dos tipos de disposiciones que existen y sus ventajas e inconvenientes para determinar cuál es la opción más adecuada en cada caso.

Por tanto, podemos distinguir dos tipos de disposiciones del patio de contenedores: disposición horizontal o paralela al muelle, o disposición vertical o perpendicular al muelle.

7.1. Disposición horizontal o paralela al muelle

Este tipo de disposición es la empleada comúnmente en las terminales convencionales que emplean RMGs para el almacenamiento en el patio de contenedores. En las terminales automatizadas los contenedores se transportan desde el muelle hasta el patio de contenedores los equipos de transporte horizontal. Los bloques de contenedores son manipulados mediante ASC que depositan y cogen contenedores a lo largo de los bloques.

Esta distribución es la apropiada para aquellas terminales en las que el tráfico de transbordo supere al tráfico import/export, ya que ofrece una mayor flexibilidad y versatilidad para escoger bloque y lado de carga o descarga debido a que los dos lados de los bloques son accesibles desde el muelle y los bloques pueden trabajarse desde ambos lados.

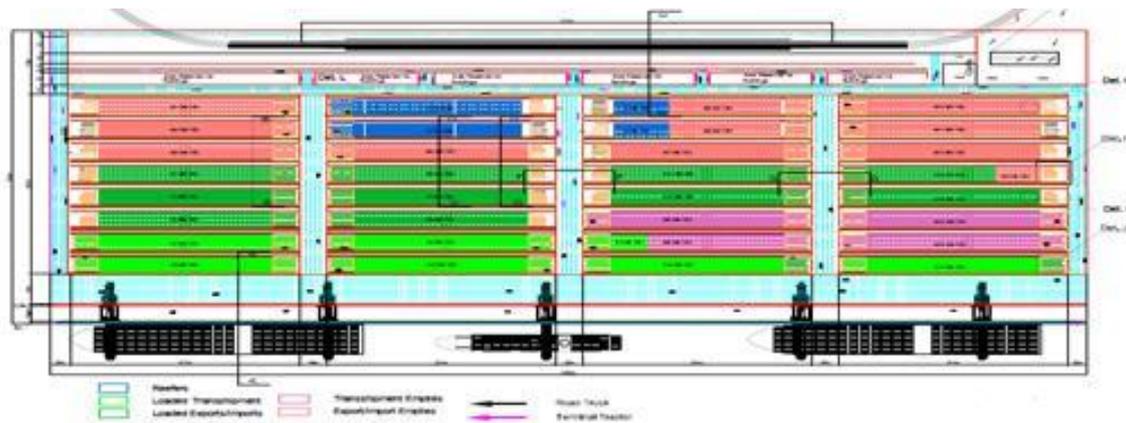


ILUSTRACIÓN 45 TCA CON DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL O PARALELA AL MUELLE. FUENTE: CARGOTEC

La operativa funciona de la siguiente forma:

- Las grúas del muelle descargan los contenedores sobre los AGV o sobre el suelo para que sean recogidos por un straddle carrier, según el caso.
- El subsistema de interconexión lleva el contenedor hasta la zona de transferencia con el patio, donde las ASC cogen el contenedor para colocarlo en su posición final dentro del bloque de almacenamiento.
- Las ASC recogen el contenedor de manera automática y lo depositan en el camión que está esperando en el extremo del bloque.

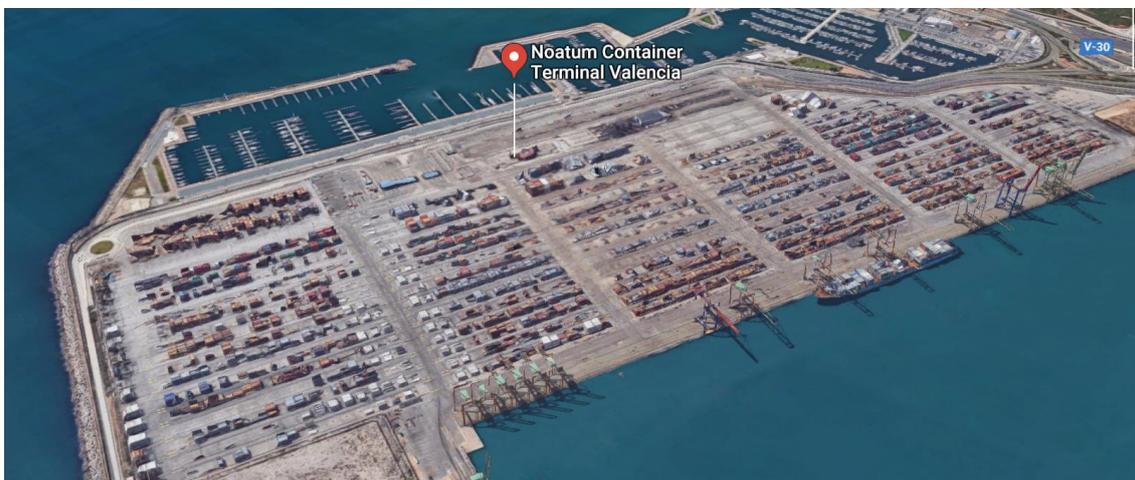


ILUSTRACIÓN 46 NOATUM CONTAINER TERMINAL VALENCIA. FUENTE: GOOGLE EARTH

7.2. Disposición vertical o perpendicular al muelle

Es la orientación más típica en las terminales automatizadas de Europa, disponiendo los bloques de contenedores de manera vertical al muelle de atraque. De esta forma se diferencian dos partes: lado mar, donde se sitúan las grúas muelle y por donde circulan los vehículos de interconexión, y el lado tierra, más alejado del muelle, donde se realiza la interconexión con los camiones externos que recogen contenedores de importación o llevan de exportación.

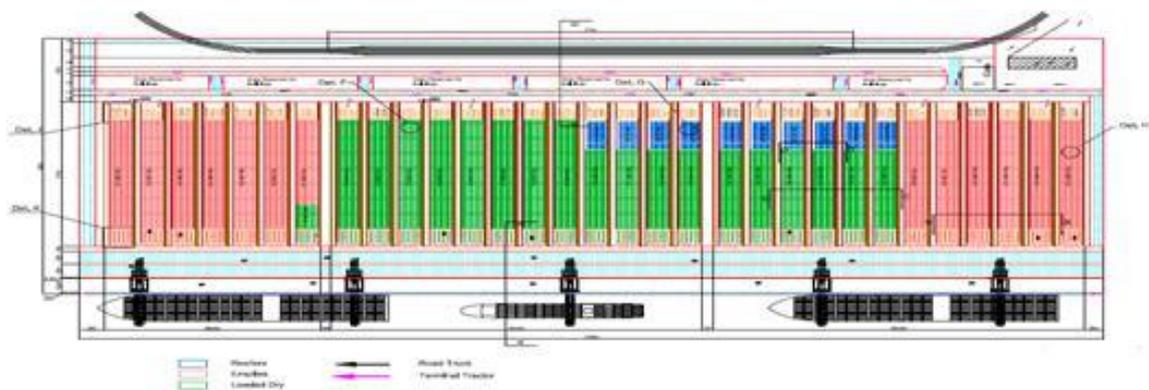


ILUSTRACIÓN 47 TCA CON DISTRIBUCIÓN VERTICAL O PERPENDICULAR AL MUELLE. FUENTE: CARGOTEC

La operativa es muy similar a la disposición anterior. No obstante, en esta el recorrido llevado a cabo por los medios de interconexión es menor que en el caso anterior, pero los recorridos que realicen las grúas ASC serán, generalmente, mayores.

La operativa es la siguiente:

- Las grúas portacontenedores del muelle descargan sobre los AGVs o dejan en el suelo los contenedores para que los recojan los Shuttle Carriers, según el caso.
- El subsistema de interconexión lleva el contenedor hasta la zona de transferencia con el patio (lado mar), donde las ASC cogen el contenedor para colocarlo en su posición final dentro del bloque de almacenamiento.
- Los camiones son cargados en el lado tierra por los ASC.

Esta orientación es más apropiada para las terminales con un alto porcentaje de tráfico Import/export, separando claramente las zonas en las que trabajan los equipos de interconexión con el muelle automáticos (lado mar) y la zona de circulación de los camiones externos (lado tierra) evitando así los cruces y la interacción entre vehículos automatizados y manuales. Los contenedores se reciben en un extremo del bloque y se entregan en el opuesto.



(c) Andrew Bowen

ILUSTRACIÓN 49 LONDON GATEWAY. FUENTE: LONDON GATEWAY WEB

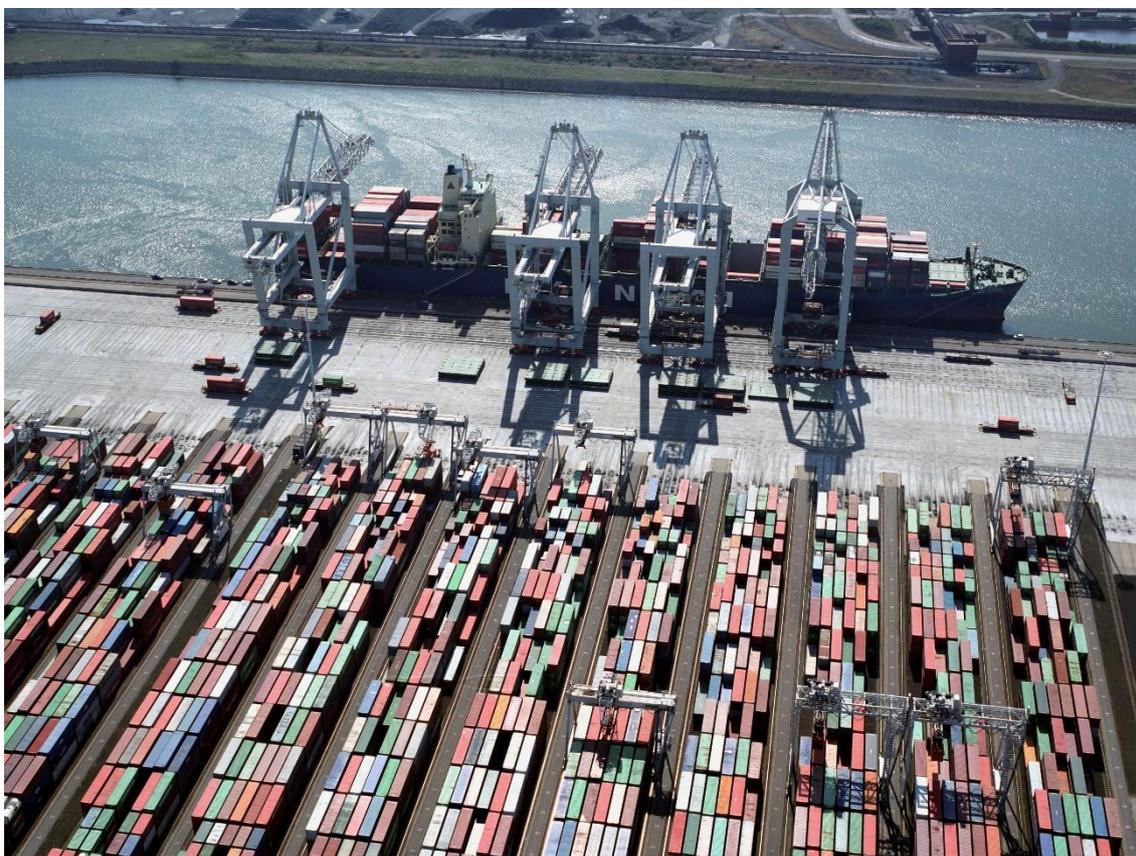


ILUSTRACIÓN 48 TCA ROTTERDAM. FUENTE: BLOG MAR Y GERENCIA

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIAESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

7.3. Ventajas y desventajas de las disposiciones horizontal y vertical

A continuación, se describen las ventajas e inconvenientes que se pueden extraer de cada tipo de disposición del patio:

Disposición paralela al muelle

Ventajas:

- No existen problemas de tráfico de máquinas dentro de la terminal. El tráfico se encuentra por todo el patio de la terminal, aumentando la efectividad y disminuyendo posibles problemas de congestión teniendo un diseño fluido.
- La carga y descarga de contenedores puede realizarse simultáneamente en ambos extremos de los bloques, por lo que tiene mayor flexibilidad.
- La longitud de los bloques no está limitada por las dimensiones de la terminal.
- Los recorridos realizados por las ASCs son menores que en la disposición perpendicular.
- Al contrario que en el diseño vertical, éste es un sistema más adaptable a las ampliaciones de muelle y las longitudes de las pilas son más flexibles en futuros cambios.

Desventajas:

- Los flujos se describen a lo largo de toda la terminal por lo que el diseño del tráfico debe de realizarse meticulosamente y el software dedicado al sistema de circulación debe ser el principal objeto de la automatización, al poder convivir en una zona tráfico automático con vehículos del exterior, elevándose así su coste.
- El recorrido realizado por los equipos de interconexión es, en general, más largo que en la tipología de patio vertical.

Disposición perpendicular al muelle

Ventajas:

- Ya existe conocimiento de esta disposición en otras terminales europeas.
- El software empleado es más sencillo, debido a los recorridos más cortos y a la no interacción entre los equipos automáticos y los camiones externos manuales.
- Los movimientos que describen los equipos de transporte horizontal están muy bien descritos y el espacio donde lo realizan es relativamente pequeño y prefijado.
- Quedan perfectamente delimitadas y separadas las zonas del lado tierra o entrega y recepción de la zona de lado mar o carga y descarga.

Desventajas:

- El área de operación tiene que tener la suficiente amplitud para que funcione correctamente el subsistema de interconexión y puedan maniobrar los equipos de transporte.
- La productividad de las grúas de muelle dependerá directamente de cómo se realicen los trabajos de manipulación de mercancía dentro de la terminal.
- Sistema poco flexible, por lo tanto, difícil de incorporar cambios dentro del mismo.
- Los trabajos de mantenimiento y reparación son difíciles de efectuar sin afectar a la efectividad de la terminal.
- Los recorridos realizados por las ASC son más largos.

Hay que tener en cuenta al distribuir el patio que no todos los contenedores pueden formar parte del proceso automatizado. Estos contenedores son aquellos que contienen mercancías peligrosas, que están dañados en alguno de sus dados o los de tipo Flat track. En tal caso en las TCA existen zonas

anexas al patio automático donde se almacenan dichos contenedores, siendo éstos operados normalmente por maquinaria manual, como carretillas o reach stackers.

8. TOS. Sistema operativo de la terminal

Se podría pensar que con solo renovar los sistemas y los equipos para que sean automáticos, ya tendríamos creada una terminal automatizada. Pero la automatización de la terminal no se reduce a la ejecución de los movimientos de equipo sin mano de obra, sino que también radica en la toma de decisiones tácticas y operativas, como la elección del orden de carga y descarga, la asignación de máquinas y recorridos y sobre todo una buena planificación para crear un movimiento fluido de la mercancía.

El Sistema Operativo de la Terminal o TOS es una parte clave de la cadena de suministro y tiene como objetivo principal el controlar el movimiento y el almacenamiento de la carga dentro de una terminal de contenedores. Proporciona un conjunto de procedimientos computarizados que permiten hacer un mejor uso de los equipos, planificar la carga de trabajo, para administrar de manera eficiente y efectiva la instalación. Por otra parte, permite la obtención de información actualizada a tiempo real, con lo que se consigue una toma de decisiones más precisa y rentable.

La automatización de las operaciones debería garantizar un rendimiento ejemplar y un modo de operación estable. Sin embargo, la alta complejidad del día a día de la terminal plantea las mismas altas expectativas y demandas sobre el control del equipo automatizado. Esta tarea recae tanto sobre el TOS como sobre el Equipment Control System (ECS).

El ECS es un software de control basado en algoritmos heurísticos que juega un papel crucial en el cumplimiento de las promesas que la automatización de terminales puede brindar, ya que debe garantizar que el equipamiento pueda usarse a la máxima expresión de su potencial operacional. Proporciona a los operadores portuarios un sistema de gestión avanzado de la flota de sus vehículos automatizados y autoguiados, tales como AGV, lift-AGV, ALV, ASC y A-STs. Su misión es integrarse con el Sistema Operativo de la Terminal (TOS) y traduce las instrucciones de trabajo de este en planes óptimos de trabajo, incluyendo el enrutamiento de los vehículos, logrando los siguientes objetivos:

- Ejecución eficiente de las órdenes de trabajo
- Rutas rápidas y sin situaciones de bloqueo
- Rutas libres de colisiones
- Uso eficiente del equipamiento, asegurando su longevidad
- Minimización de los tiempos de inactividad y averías

Los sistemas de guiado están basados en la utilización de transpondedores enterrados en el pavimento, sistemas de radar con balizas en la terminal, y la tecnología GPS, obteniendo una localización muy certera, con precisiones de menos de 3 cm y de menos de 1 cm, respectivamente.



9. Diseño técnico de la terminal

9.1. Criterios de diseño

Al diseñar la automatización de la terminal se han tenido en cuenta algunos criterios que han condicionado algunas decisiones y que contribuirán al mejor funcionamiento de la terminal.

Decoupling

Sistema que permite desacoplar el funcionamiento de las grúas muelle y las grúas de patio de los vehículos de interconexión para que no tengan que esperarse mutuamente.

Para que esta medida de gestión sea efectiva, se precisan de equipos de interconexión para que la grúa nunca tenga que esperar a estos equipos, por lo que ellos mismos deben ser capaces de recoger (cargar y descargar estos contenedores).

La idea básica es ajustar al máximo los equipos de apoyo, para que la grúa nunca espere.

El decoupling puede ser:

Parcial: Cuando afecta a la relación entre el equipo de interconexión y las grúas patio

Total: Donde la desconexión de los equipos se produce tanto en el patio como en el muelle.

Estrategia dinámica dispersa completa del patio

Esta idea consiste en la dispersión de los contenedores por toda la terminal. Los contenedores vacíos, reefers, de importación, exportación o transbordo, o tengan el mismo origen o destino, se distribuirán por todo el patio de contenedores. No habrá una zona destinada a los contenedores vacíos, ni un bloque entero destinado a los reefers. Las conexiones que los contenedores refrigerados necesitan se situarán en las cabezas de cada bloque.

Esto se hace con el objetivo de evitar que en un momento dado, uno de los bloques se sature, por la demanda de excesivos contenedores vacíos, o al cargar todo el trabajo a un bloque cuando haya que cargar o descargar muchos contenedores con el mismo destino u origen.

Para poder llevar a cabo esta estrategia, es necesario un control exhaustivo de la posición de cada contenedor, y del momento en el que abandonará la terminal. Planificar la ubicación de los contenedores de forma que se realicen las mínimas remociones (movimientos no productivos) posibles.

Segregación de los equipos automático de los manuales

En una terminal con los bloques de almacenamiento perpendiculares al muelle, los equipos automáticos con los manuales, no entran en contacto, ya que cada uno de ellos opera en un extremo de los bloques. En cambio, en las terminales con la disposición del patio de contenedores paralela a la línea de atraque, como se ha mencionado anteriormente, ambos equipos pueden operar en todas las cabezas de bloque. Esto puede crear problemas de seguridad, y exige un control muy alto sobre los movimientos de los equipos automáticos.

Por ellos, dentro de lo posible, se segregarán los movimientos de los equipos de interconexión de los camiones externos a la terminal.

Aunque ambos equipos tengan la posibilidad de trabajar en ambos lados de los bloques, se intentará destinar algunas cabezas de bloque a la recepción y entrega exclusivamente, y otras a los equipos de interconexión, reduciendo las cabezas de bloque en las que interaccionen ambos vehículos.



En las zonas de transferencia que tengas que compartir, habrá dos carriles destinados a los vehículos exteriores y dos a los de la terminal. Además, cada uno dispondrá de carriles de circulación propios. Los vehículos automáticos circularán por el área de operación de los buques y los viales entre bloques, mientras que los vehículos de interconexión no accederán al área de operación y sus recorridos transcurrirán por la parte de los bloques más cercana al exterior, y entre bloques para acceder a las zonas de transferencia cuando sea necesario.

9.2. Equipos empleados

9.2.1. Equipos de muelle

A diferencia de los equipos de interconexión y almacenamiento, las grúas del subsistema de carga y descarga del buque no se han conseguido automatizar en su totalidad. Los esfuerzos por desarrollar la automatización de las grúas muelle se han centrado en las automatizaciones menores. Actualmente existen medidas para mejorar su funcionamiento implementando estas automatizaciones menores, y cabe la posibilidad de manejarlas a control remoto o realizar la mitad del movimiento de forma automatizada.

La terminal ya cuenta, como se ha mencionado anteriormente, con 20 grúas STS:

- 4 Super Post Panamax (19-40 t).
3 en el Muelle Este
1 Muelle Costa
- 15 Over Super Post Panamax (22-61/65 t).
3 Muelle Costa
12 Muelle Príncipe Felipe
- 1 Malaccamax (25–65 t).
1 Muelle Príncipe Felipe

Todas ellas cuentan con spreader Twin-Lift, aunque las 4 Super Post Panamax tienen la limitación de 40 toneladas, por lo que no siempre es posible utilizarlo.

Estas mismas grúas tienen un alcance de manga de 19 contenedores, que es insuficiente para los buques más grandes, pero pueden ser empleadas para los buques más pequeños que lleguen a la terminal. El resto de grúas, por el momento, satisfacen las necesidades de la terminal, ya que las grúas Over Super Post Panamax, pueden operar buques de hasta 16.000TEUs.

En los próximos años, con el esperado crecimiento de los tráficos crecerá la necesidad de disponer de grúas de hasta 24 contenedores de manga. Esta condición ya la cumple la última grúa adquirida por la terminal, tipo Malaccamax con un alcance de 25 contenedores de manga.

En las siguientes tablas, se muestran las características de las grúas Over Super Post Panamax y Malaccamax del fabricante Paceco, ya que la mayoría de grúas que posee la terminal no de este fabricante.



Dimensiones principales		Dimensiones principales	
Alcance delantero	hasta 60.00m	Alcance delantero	hasta 72.50m
Altura bajo spreader	hasta 42.00m	Altura bajo spreader	hasta 52.50m
Entre ejes	hasta 30.48m	Entre raíles	hasta 30.48m
Carga nominal		Carga nominal	
50T - 70T (bajo spreader)		60T - 70T (bajo spreader)	
Spreader		Spreader	
20-40-45 ft /twin twenty		20-40-45 ft /twin twenty	
Velocidades		Velocidades	
Elevación	90 a 180m/min	Elevación	90 a 180 m/min
Carro	210 a 240 m/min	Carro	210 a 240 m/min
Pórtico	45 m/min	Pórtico	45 m/min

TABLA 8 CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÚAS SUPER POST PANAMAX Y MALACCAMAX DE PACECO. FUENTE: PACECO

Por el momento, estas grúas prestan el servicio suficiente a la terminal, y por tanto no será necesario cambiarlas, pues el coste de personal, que es el principal objetivo de la automatización no se vería reducido, ya sigue siendo necesaria la presencia del manipulador. Además, el coste de estos equipos es muy elevado.

Se implementará un sistema de reconocimiento óptico que reconozca los contenedores que son cargados o descargados del buque con una fiabilidad del 99% y así mejorar el control de las cargas y los posibles daños. De esta forma se reduce la mano de obra necesaria, pues solo será necesario un operador en caso de incidencias.

A estas mismas grúas se les podrían implementar paquetes como el explicado en el punto 5 de la empresa ABB, para mejorar su funcionamiento, pero se debe tener en cuenta, que esto supondría un coste en la formación del personal. Un personal habituado a trabajar con las grúas actuales.

Respecto al número de equipos, en el apartado siguiente se calcula que el número de atraque es 5,5, lo que se reduce a cinco. La terminal cuenta con 20 grúas, lo que equivaldría a 4 grúas por buque. Este valor es suficiente, ya que el valor recomendado para el buque tipo de esta terminal gira en torno a 3,5 grúas por buque, según el Manual de capacidad portuaria.

Tras la automatización, por tanto, la línea de atraque será operada por las mismas grúas de las que ya dispone la terminal.

9.2.2. Equipos de interconexión

En el punto cinco hemos explicado las posibles alternativas para el transporte horizontal de la terminal, y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos. Finalmente, los equipos escogidos serán los Autostrad, por los siguientes motivos:

- Permiten desacoplar los movimientos de interconexión de los movimientos de las grúas del muelle y de las grúas de almacenamiento. De esta forma, no es necesaria la simultaneidad de los Autostrad con las grúas para realizar su función.
- Son compatibles con las grúas actuales de la terminal. El tamaño de las grúas muelle de las que dispone la terminal, permite de los Autostrad pasen entre patas, y que la interconexión buque muelle se realice lo más cerca del buque posible.



- Es necesario un número de equipos menor, por lo que permitirá una mayor fluidez del tráfico dentro de la terminal, reduciendo el riesgo de congestión.

Como se menciona en el apartado 6, Kalmar es el principal fabricante de estos equipos, por tanto, los equipos de este fabricante, que los define con el nombre de Autostrad, serán los que funcionen en la terminal.

En la siguiente tabla se muestran las principales características de estos equipos, ya continuación, en la siguiente imagen sus dimensiones.

Información técnica	Especificaciones de AutoShuttle
Altura de apilado (9°)	2 contenedores
Capacidad de elevación (kg)	40/50 t
Motor	Diésel/diésel-eléctrica/híbrida
Sistema de elevación:	Smoothlift, cabrestante eléctrico

TABLA 9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AUTOSTRADS. FUENTE: KALMAR.

Tendrán la capacidad de almacenar hasta a dos alturas ya que su función es la d trasladar, no almacenar, y este tamaño es permite pasar por debajo entre patas de las grúas del muelle. Funcionarán con motor eléctrico, y la capacidad de su spreader será de 50t.

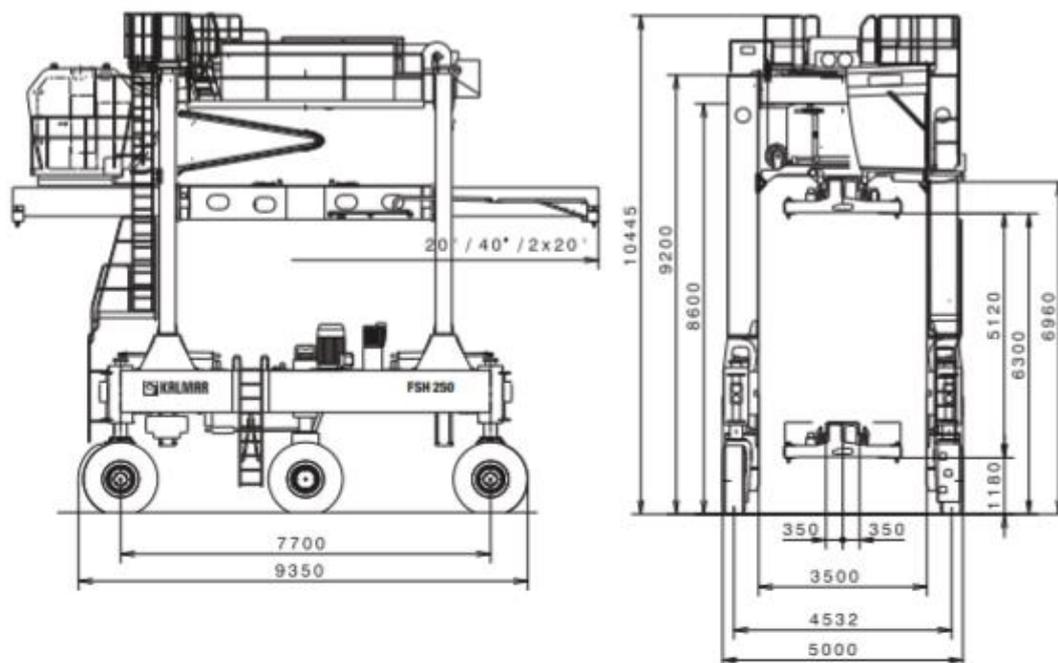


ILUSTRACIÓN 50 DIMENSIONES DE LOS AUTOSTRADS. FUENTE: KALMAR

El número de atraques del buque tipo, según se ha calculado en el apartado de capacidad de la línea de atraque, es de 5 y el número de grúas por buque, en función de la operativa, oscilará de media entre 3 y 4. Como en el apartado anterior, cogemos un valor de 3,5. Para dotar a la terminal de equipos de interconexión suficientes debido al tamaño de la terminal, calcularemos 3 ASH por grúa, con un total de $3,5 \times 5$ grúas. Al valor obtenido, 53 Autostrads, le añadimos un 10% para cubrir las posibles averías.

El total de Autostrad que habrá que adquirir es 58.

Además de los equipos automatizados, la terminal conservará 5 cabezas tractoras con las respectivas plataformas por si fuera necesario su uso, para el traslado de contenedores sobredimensionados, cuyas medidas pueden no encajar para ser transportados por los Autostrad.

9.2.3. Equipos de almacenamiento

El patio de almacenamiento de contenedores será operado por grúas ASC. Estas grúas son las empleadas en la gran mayoría de terminales automatizadas o semiautomatizadas, y su funcionamiento está sobradamente probado.

Dado que la distribución del patio de contenedores de la terminal será paralela a la línea de atraque, la tipología de grúas seleccionada será ASC gemelas. Las ASCs pasantes están diseñadas con la intención de apoyar a una cabeza de bloques cuando esta se sature debido a una carga de trabajo mayor en uno de los lados. En la disposición horizontal existe la posibilidad de trabajar los bloques por ambos lados, por lo que no es necesario utilizar las grúas pasantes.



ILUSTRACIÓN 51 GRÚAS ASC KALMAR. FUENTE : KALMAR

Se dispondrán 2 ASCs por bloque. El número de bloques será determinado en el apartado de diseño de la terminal.

Siguiendo la línea de los Autostrad, las grúas presentadas son propias de Kalmar. Funcionan con energía eléctrica y son capaces de almacenar hasta 11 contenedores entre patas, y apilar hasta una altura de 6+1. Están preparadas para cargar y descargar camiones externos de forma totalmente automatizada, y en caso de que esto no fuera posible, disponen de un sistema a control remoto.



ILUSTRACIÓN 52 CONTROL REMOTO DE LAS GRÚAS ASC KARLMAR. FUENTE: KALMAR

El esquema de funcionamiento ASC-Autostrad se representa en la figura siguiente:

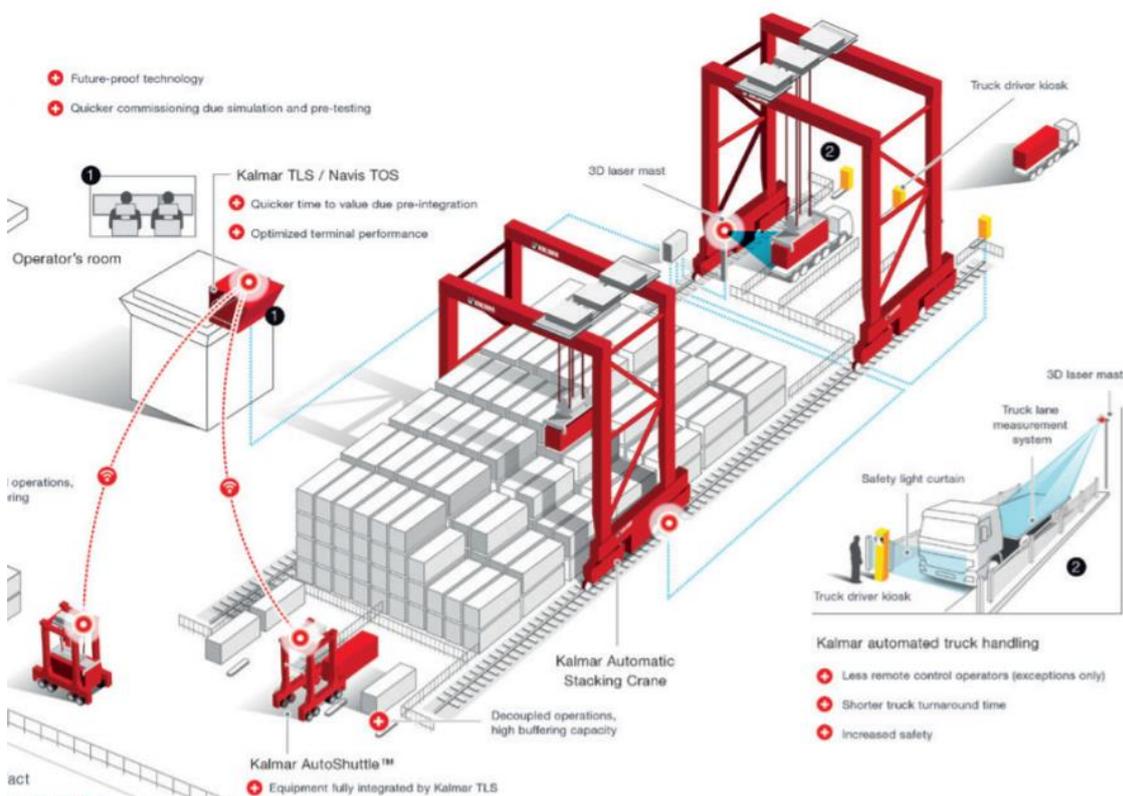


ILUSTRACIÓN 53 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO ASC Y AUTOSTRAD. FUENTE: KALMAR

Además de los equipos automáticos, en la terminal se conservarán tres Reach Stacker para la manipulación de los contenedores sobredimensionados, que serán ubicados en una zona reservada para estos, y para la manipulación de los contenedores en la zona de inspección.



ILUSTRACIÓN 54 REACH STACKER. FUENTE: KALMAR

9.2.4. Equipos de recepción y entrega

La terminal cuenta con 8 puertas de entrada y 5 de salida que cubren las necesidades que este subsistema presenta actualmente. Con la nueva ubicación de las puertas tras la ampliación de la estación ferroviaria, cabrá la posibilidad, si es necesario en un futuro de ampliar el número de puertas.

Como se ha mencionado anteriormente estas están automatizadas desde el años 2012 con un sistema de reconocimiento óptico y ubicación automática que deberá integrarse con el nuevo sistema operativo una vez automatizada la terminal

9.3. Diseño de la terminal

9.3.1. Distribución de la terminal

Para el diseño de esta terminal se ha decidido dotar al patio de contenedores de una disposición horizontal, ya que nuestro porcentaje de tráfico de transbordo es mayor que el de tipo Import/Export. El transbordo supone en la terminal de Noatum el 65% de los tráficos.

Al ubicar los contenedores paralelamente al muelle, se permite una mayor versatilidad a la hora de escoger bloque y lado de carga/descarga ya que se permite el acceso a los bloques desde ambos lados.

También este tipo de disposición permite desarrollar la longitud de los bloques según las características de la terminal sin estar limitados por la longitud perpendicular del patio. Además, este diseño seleccionado, permite que los giros de los ASH se realicen en las calles de aproximación entre bloques. Un punto importante en cuanto a la operativa de almacenaje es que los bloques más cercanos se dedicarán a los contenedores de transbordo para que los ASH puedan entrar por ambos lados de cada bloque haciendo así las operativas más rápidas. Conforme se avance en profundidad ya encontraremos bloques mixtos donde un lado se destinará a la actuación de los ASH y el otro lado será para la carga/descarga de camiones.

Los bloques se dispondrán paralelos a las líneas de atraque de cada uno de los muelles, y tendrán un ancho de 10 TEUs, y una longitud de 45 o 40 TEUs, excepto en las zonas en las que la morfología de la terminal no lo permita.

Los bloques se agruparán en superbloques, entre los que habrá en vertical, una longitud de separación de 23 metros a partir del límite de su zona de transferencia. En estos 23 metros se incluirán dos carriles de 7 metros de ancho para la circulación de los ASH, y dos carriles de circulación para los camiones manuales de 3,5 metros cada uno. De esta forma cada medio tendrá su propio carril de circulación, cuando sea necesaria la interacción entre estos.

Tres de los superbloques están compuestos por 11 bloques cada uno, habrá una separación que lo dividirá dos superbloques de 5 y 6 bloques, y que permitirá la circulación de los ASH entre ambos.

En cuanto a la disposición de contenedores según tipos se tomarán los siguientes criterios:

- Contenedores Reefer: se ha decidido ubicar dichos contenedores en las pilas de los extremos de cada bloque, para facilitar el acceso a las tomas de corriente, y su instalación si fuera necesario añadir.
- Los contenedores que alberguen mercancías peligrosas se ubicarán en función del tipo de carga en las cabezas de bloque o dispersos en la zona de almacenamiento, segregados unos de otros siguiendo las distancias de separación recomendadas en cada caso.
- Los contenedores vacíos serán ubicados de la misma forma que los contenedores llenos, de forma dispersa por el patio de contenedores. No se dedicará una zona específica.
- Para los contenedores de dimensiones o tratamiento especial, se ha habilitado una zona de 20340m² para poder almacenar contenedores (estilo open side, open top, flat rack, cisterna, ...) que por su constitución no es posible su apilado.

Zonas de la terminal

La terminal ocupa en total una superficie de 145Ha. Dentro de esta superficie, además de las zonas de almacenamiento, que ocupa la mayor parte de la superficie, y el área de operación que son las principales zonas de la terminal, existen otras zonas igual de necesarias para el funcionamiento de la terminal.

Zonas de la terminal:

- Área de operación: es el área destinada a las operaciones de carga y descarga del buque, y a la circulación de los equipos de interconexión.
- Patio de almacenamiento: el patio de almacenamiento ocupa la mayor parte de la superficie de la terminal. Alberga el área destinada al apilamiento y almacenamiento de los contenedores desde su llegada a la terminal hasta su salida.
- Almacenamiento de contenedores sobredimensionados: zona destinada al almacenamiento y manipulación de aquellos contenedores que necesitan un tratamiento especial. Son contenedores que, por sus dimensiones, no pueden apilarse o necesitan un espacio mayor que el de una huella para su almacenamiento. Esta zona del patio será operada con reach stackers, manipuladas por un operador. Los contenedores se trasladarán hasta esta zona mediante los Autostrads si es posible, y en caso de que no sea así por sus dimensiones, usando plataformas arrastradas por cabezas tractoras manuales.



- Zona de inspección: es la zona destinada a la inspección y control de las mercancías cuando los organismos públicos con derecho a inspección de los contenedores lo requieran (aduana, inspección fitosanitaria, etc.). Es necesario disponer de una zona específica para estos trabajos, en la que se romperán y repondrán precintos y se inspeccionará su contenido. Esta zona puede ubicarse dentro o fuera de la terminal, pero en este caso, se encuentra incluida en la superficie de esta.
- Puertas de entrada: son las puertas de acceso y salida para los camiones externos a la terminal que realicen operaciones de carga y descarga. A esta zona se ha destinado la superficie necesaria para colocar las 8 puertas de entrada y 5 de salida que a día de hoy tiene la terminal, con los equipos de reconocimiento óptico. La modificación de la ubicación de estas puertas es debida a la prevista ampliación de la terminal ferroviaria.
- Talleres: es la zona destinada al mantenimiento y reparación de los equipos de la terminal. Mantendrá la ubicación que tiene en la actualidad.
- Parking de maquinaria: zona destinada al aparcamiento de los equipos de interconexión cuando estos no estén siendo empleados.
- Oficinas: en las que se llevan a cabo las gestiones administrativas correspondientes a la actividad empresarial. En la sala de control se controla todo lo relacionado con las operaciones que tienen lugar en la terminal. Al automatizar la terminal, la zona de oficinas debe adaptarse a las nuevas instalaciones necesarias, como los mandos de control remoto.
- Parking de personal: parking destinado a los empleados que trabajen en la explanada, principalmente estibadores. La ubicación de este parking será la misma que en la actualidad, sin modificar su ubicación, pero sí las dimensiones. Una parte de la superficie de parking actual se destinará a ampliar las oficinas, ya que aumentan las necesidades en estas y disminuye el número de estibadores. El aparcamiento destinado a los trabajadores de las oficinas se incluye en esta área.
- Terminal Ferroviaria: en esta zona se incluyen las vías del ferrocarril y espacio suficiente para almacenar los contenedores que acaban de ser descargados o van a ser cargados. Su ubicación será la misma que en la actualidad, pero está prevista su ampliación para poder recibir trenes de hasta 1000 metros de longitud. Hasta el momento en que se realice dicha ampliación, está parte de la terminal continuará funcionando como hasta ahora, con RTGs. Se conservarán dos de ellos para destinarlos a la carga y descarga de ferrocarril.



ILUSTRACIÓN 55 ZONAS DE LA TERMINAL. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

Área de operación

El área de operación corresponde a la zona de carga y descarga del buque y a la zona de circulación de los equipos de transporte horizontal hasta los carriles por los que llegan a las zonas de transferencia. Tendrá una anchura total de 100 metros en el Muelle Príncipe Felipe y 80 metros en los muelles Costa y Este. Esta diferencia es debida a que se estima que por el Muelle Príncipe Felipe la circulación de ASH será mayor.

La ROM establece que la anchura del área de operación debe ser como mínimo de 70 metros en el caso de operar con grúas para buques de más de 10.000TEus (Malaccamax). Por tanto se ha considerado que 100 metros, es distancia suficiente pero también funcional, que permite la circulación cómoda y el espacio suficiente.

La distancia entre la línea de atraque y el eje de rodadura de la grúa es actualmente 2,5 metros, el mínimo establecido por la ROM, y dado que van a seguir operando las mismas grúas, se mantendrá esta distancia.

Dentro de esta área existen varias zonas, que avanzando de mar a tierra son las siguientes:

- La zona bajo grúa, se divide en dos mediante una valla. En la parte más cercana al buque, se sitúa la zona destinada a la actividad de las personas para diferentes funciones: acceso al buque, tareas de mantenimiento, y colocación o retirada de los Twist-lock. Esta última función debe seguir realizándose de forma manual, ya que los equipos automatizados de retirada de Twist-locks están aún en vías de desarrollo debido a la complejidad de la tarea. Tiene una anchura de 4 metros desde los raíles de la grúa hasta una valla que la delimita paralela a la línea de atraque.
- Tres carriles de 7 metros de ancho cada uno donde bien la grúa o el ASH dejará el contenedor y el otro equipo lo recogerá, para cargarlo en el buque o trasladarlo al patio de almacenamiento.
- La parte que queda bajo la contra pluma de la grúa, se utilizará para depositar las tapas de las bodegas de los buques, así como para las jaulas que sirven para elevar a los estibadores que realizan la trinca de los contenedores en el barco.
- Seguida de esta zona, si avanzamos de mar a tierra, se encuentran los carriles de circulación de los Shuttle carriers. Cuatro carriles de circulación de 7 metros de ancho cada uno, dos en cada sentido.

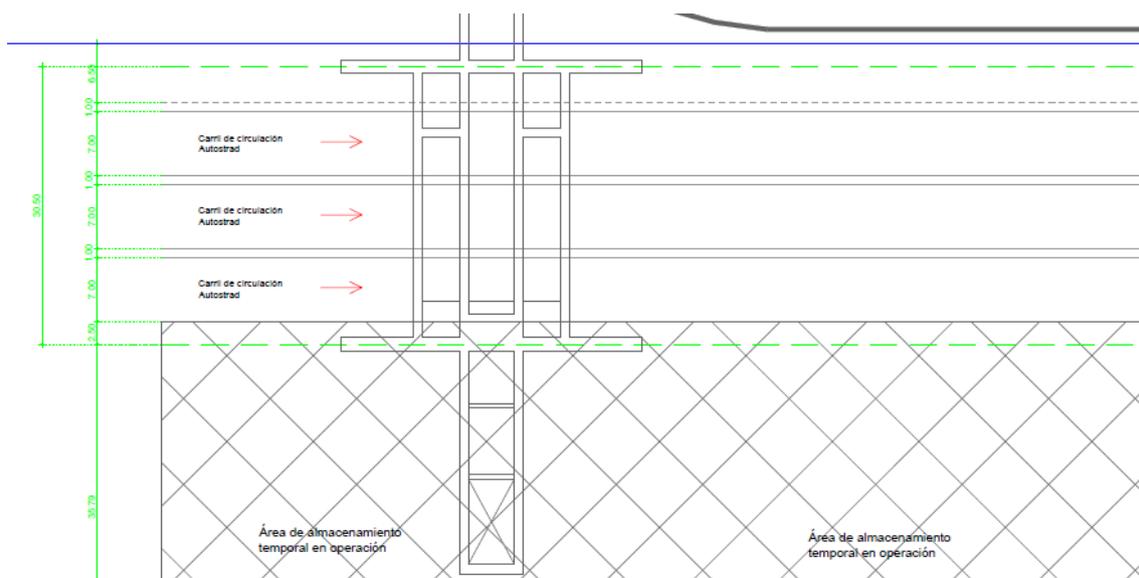


ILUSTRACIÓN 56 ÁREA DE OPERACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Descripción de la secuencia en la operativa de descarga del buque:

- La grúa muelle engancha el contenedor y lo desplaza hasta la zona del carril de retirada de Twist-locks, en caso de que este los lleve, donde se ubicarán los estibadores que los retirarán y depositarán en los compartimentos correspondientes destinados para ello. El operador de la grúa deberá bajar el contenedor hasta una altura aproximada de 1,5 metros sobre el suelo para que los estibadores puedan realizar esta tarea con comodidad.
- Una vez retirados los Twist-locks, el grúa izará el contenedor y los trasladará hasta uno de los tres carriles por los que pasará un Autostrad a recogerlo. Se le dará prioridad a los carriles por su proximidad al mar, para acortar todo lo posible la trayectoria de la grúa.
- El shuttle carrier entrará por el carril correspondiente y recogerá el contenedor para trasladarlo al patio de almacenamiento.

En la operativa opuesta, carga del buque, el procedimiento es exactamente el mismo pero a la inversa.

Zonas de transferencia

Las zonas de transferencia son las zonas ubicadas en las cabezas de bloque en las que se realiza la transferencia del contenedor entre el ASH y la grúa ASC, o el camión externo y la grúa ASC.

Ocupará una longitud de 40 metros a partir de la primera huella del bloque. Se dispondrán carriles de 7 metros para los Autostrad y de 3,5 metros para los camiones exteriores a la terminal.

En los bloques más próximos al mar y en las cabezas de los bloques que así se determine, la zona de transferencia estará dividida en tres carriles donde los ASH podrán dejar o recoger contenedores.

Los carriles destinados a la carga o descarga de camiones, tendrán una anchura de 3.5 metros y contarán con equipos complementarios que garanticen la seguridad de los conductores, ya que como se ha comentado previamente, estas grúas ASC son capaces de cargar y descargar las plataformas de los camiones de forma automática.

La grúa detenta mediante láser al camión El conductor debe posicionar el vehículo y a continuación bajarse y pulsar un botón para confirmar que nadie se encuentra dentro de la cabina del camión.

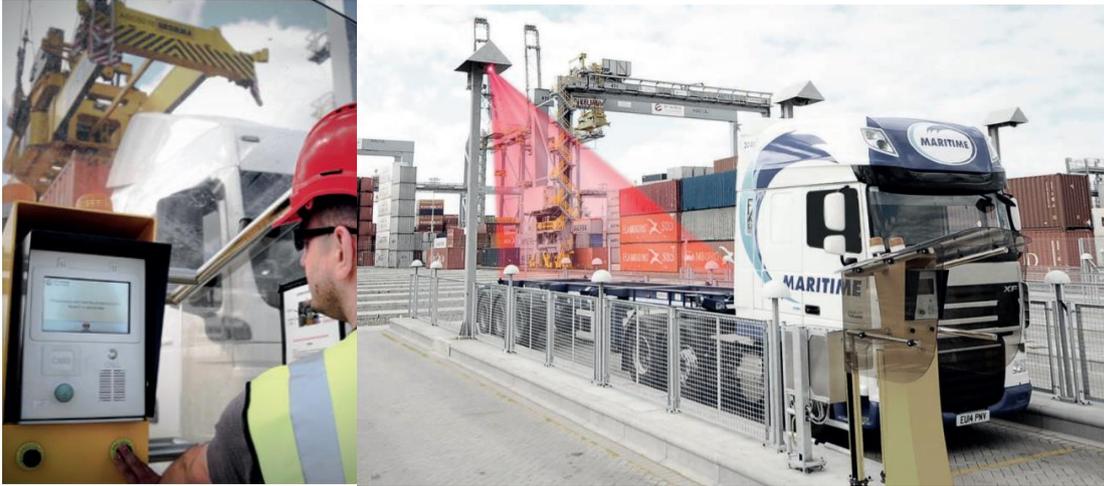


ILUSTRACIÓN 57 SISTEMA DE PREVENCIÓN EN LA CARGA/DESCARGA DE UNA ASC A UN CAMIÓN. FUENTE: TERMINALES AUTOMATIZADAS Y SEMIAUTOMATIZADAS. OPERATIVAS Y EQUIPAMIENTOS. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA.

9.3.2. Capacidad por línea de atraque

Los principales aspectos a tener en cuenta en el cálculo de la capacidad de la línea de atraque de una terminal son los siguientes:

- Previsiones del volumen de mercancías a manipular.
- Distribución estadística de las llegadas de los buques y sus características de eslora y calado.
- Distribución estadística del tiempo de servicio.
- La productividad de los equipos de muelle (TEUs/hora)
- Número de equipos de muelle.
- Nivel de calidad de servicio admisible asociado a la espera relativa.
- El tiempo operativo de la terminal al año.

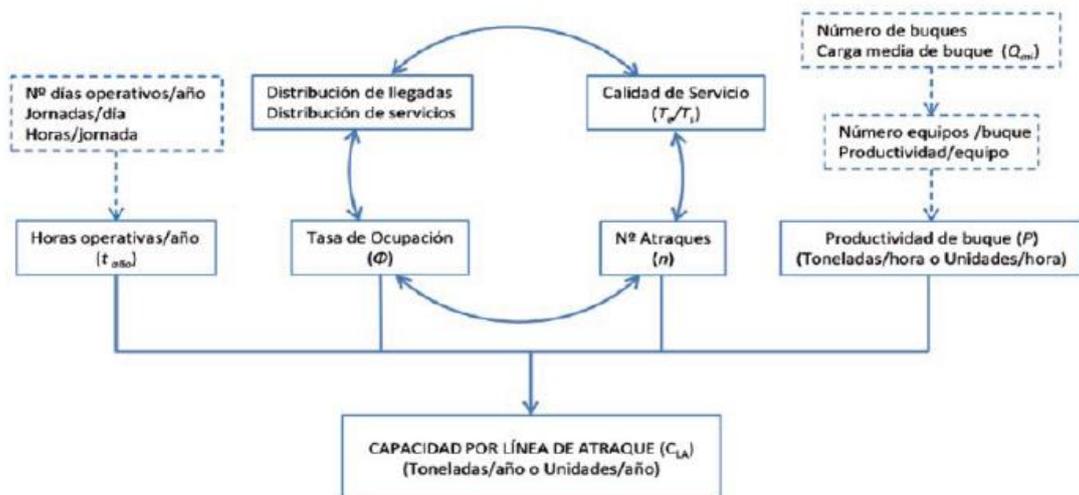


ILUSTRACIÓN 58 CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE DE LAS TERMINALES PORTUARIAS. FUENTE: VALENCIAPORT.

Para calcular la capacidad por línea de atraque se emplea la siguiente ecuación:

$$C_{LA} = [N * \Phi] * P * T_{año}$$

Donde:

- C_{LA} : Capacidad anual de la línea de atraque (TEUs, toneladas, contenedores, unidades por año.)
- N : Número de puestos de atraque
- \emptyset : Tasa de ocupación admisible, función del número de puestos de atraque, de la calidad de servicio asociada a la espera relativa y de la caracterización de las llegadas y los tiempos de servicio.
- P : Horas operativas de la terminal al año.
- $T_{año}$: productividad anual media del buque atracado. Resulta el cociente entre el volumen anual de mercancías a manipular y la suma de los tiempos brutos anuales de atraque estimado. Es función del número y prestaciones de los equipos empleados, la pericia de los manipuladores y la conexión con los otros subsistemas, entre otros factores.

Número de puestos de atraque

Es función de la longitud de la línea de atraque, de la eslora del buque tipo, y de los resguardos de seguridad ($K_{separación}$) entre buques. Si el resultado obtenido no es un número entero, se redondea al número entero inferior con el objeto de calcular una capacidad que quede del lado de la seguridad.

Para calcular el número de atraques:

$$N = \frac{\text{longitud de línea de atraque}}{\text{eslora buque tipo} * (1 + K_{separación})}$$

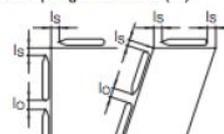
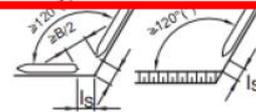
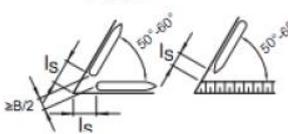
La terminal está compuesta, como ya hemos comentado, por tres muelles que suman una línea de atraque total de 2310 metros.

La eslora del buque tipo puede estimarse en función de la tipología de buques que puedan atracar en la terminal tomando como referencia a la tabla de Ashar (2009) publicada en el libro "Manual de Capacidad Portuaria. Aplicación a terminales portuarias" de la Fundación Valenciaport.

Año	Tipo de atraque	Longitud de atraque (m)	Calado (m)	Atraques por terminal	Buque de diseño (TEUs)	Capacidad anual de atraque (TEUs)	Capacidad por metro de atraque (TEUs/m)
2009	Sub Panamax	250	12	3	3.000	350.000	1.400
2012	Panamax	280	14	3	4.500	450.000	1.607
2012	Panamax	280	14	4	4.500	495.000	1.768
2014	Post Panamax I	300	15	3	5.700	500.000	1.667
2014	Post Panamax I	300	15	4	5.700	550.000	1.833
2017	Post Panamax II	350	16	4	8.000	700.000	2.000
2025	Post Panamax III	400	16 - 18	4	12.000	1.000.000	2.500
2009	Polivalente	150	10 - 11	2	1.000	100.000	667

TABLA 10 CAPACIDAD DE LÍNEA DE ATRAQUE SEGÚN TIPOS DE ATRAQUE.. FUENTE :ASHAR (2009)

Para calcular el resguardo existen varias formas. Por ejemplo, calcular el 10% de la eslora del buque repartida en ambos lados, o un valor fijo. La ROM hace una propuesta considerando varias configuraciones de muelle.

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) 	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 "L₀" el 20% de "L", reajustándose los restantes valores proporcionalmente.
 (B) 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).

TABLA 11 RESGUARDOS EN PLANTA EN LA LÍNEA DE ATRAQUE. FUENTE: ROM 2.0-11

Para el cálculo escogemos como eslora del buque tipo 300 metros, y calculando el resguardo como el 10% de la eslora, un resguardo de 30 metros. La anterior tabla de la ROM indica que para la tipología de terminal en la que los muelles forman ángulos de 90°, el resguardo de los buques con el muelle perpendicular debe de ser de 30 metros. Noatum Valencia está constituida por tres muelles perpendiculares en forma de U, por tanto, por la morfología de la terminal, al 10% de resguardo entre buques, debemos sumar 30m por tres.

$$N = \frac{\text{longitud de línea de atraque}}{\text{eslora buque tipo} * (1 + K_{\text{separación}})} = \frac{2310 \text{ metros}}{300 * (1 + 0.1) + 30 * 3} = 5.5 \text{ atraques}$$

Por tanto, el número de atraques será de 5, para quedarnos del lado de la seguridad.

$$N = 5$$

Tasa de ocupación admisible

Se trata de un parámetro estadístico que representa la congestión de la terminal. El parámetro estadístico más utilizado es la espera relativa er, que mide el sumatorio de los tiempos de espera



dividido por el sumatorio de los tiempos de servicio, es decir, el tiempo que permanece el buque atracado.

Para poder determinar la relación de ρ con ρ_r se necesita saber:

- Número de atraques (N).
- Función de distribución de las llegadas de los buques. Estas llegadas suelen ser un suceso Poisson, es decir que la distribución de las llegadas es exponencial. Sólo precisamos saber que se trata de esta función, es decir de es de esta forma, y no de su valor exacto que variará con la intensidad de llegadas λ .
- Función de distribución de los tiempos de servicio de los buques. Se suelen distribuir mediante una función Erlang k , de grado variable entre 4 y 7.

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

A falta de un mejor conocimiento de la caracterización de la terminal, se recomienda utilizar los siguientes sistemas según la tipología de la terminal: UNCTAD (1984), Agerschou (2004) y Aguilar y Obrer Marco (2008), siguiendo una distribución de llegadas aleatorias y tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden K para n atraques ($M/E_k/n$).

Una conclusión a la que se llega en Aguilar y Obrer Marco (2008), es que para el caso Exponencial – Erlang y dado un número de atraques cualquiera, no existe prácticamente variación en los resultados cuando la K se mueve desde 3 hasta 7.

PARA EL CASO DE TERMINALES DE CONTENEDORES PÚBLICAS:

- ***M/E_k/N (DISTRIBUCIÓN DE LLEGADAS ALEATORIAS / TIEMPOS DE SERVICIO SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE ERLANG DE ORDEN K / N ATRAQUES). SIGUIENDO LA TEORÍA DE QUE LAS TERMINALES PÚBLICAS SIGUEN UNA DISTRIBUCIÓN DE LLEGADAS ALEATORIAS (M) Y LOS TIEMPOS DE SERVICIO SE AJUSTAN A UNA DISTRIBUCIÓN DE ERLANG DE ORDEN 4 O SUPERIOR, Y EN NUESTRO CASO CON 5 ATRAQUES.***

Además, la tasa de ocupación se relaciona significativamente con la espera relativa, que se trata de un coeficiente que relaciona el tiempo de espera del buque en terminal con el tiempo de operación, y que depende del nivel de servicio exigido.

Nivel de servicio	Espera relativa	NIVELES DE SERVICIO			
		D	> 0,2	-	-
C	0,1 - 0,2	-	CC	BC	AC
B	0,05 - 0,1	-	CB	BB	AB
A	hasta 0,05	-	CA	BA	AA
		< 35	35-50	50-65	> 65
		Productividad anual media de buque atracado (P) (cont./h)			
		D	C	B	A
		Nivel de servicio			

TABLA 12 NIVELES DE SERVICIO PARA EL SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA DE BUQUES. FUENTE: VALENCIAPORT

El nivel de servicio escogido será B, lo que implica según la tabla anterior, una espera relativa entre 0,05 y 0,1. Por regla general, las navieras establecen como espera relativa admisible un 0,1, por lo que adoptaremos este valor para el cálculo.

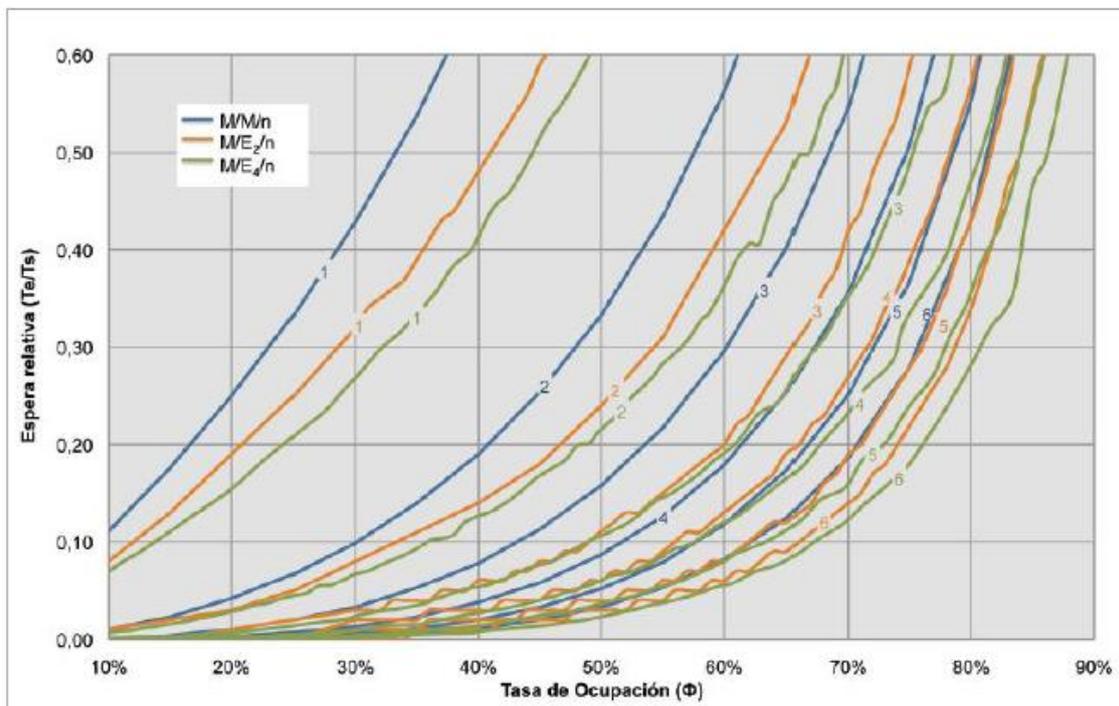


ILUSTRACIÓN 59 CAPACIDAD DE LAS TASAS DE OCUPACIÓN Y ESPERA RELATIVA DE LOS SISTEMAS $M/M/n$, $M/E2/n$ Y $M/E4/n$ DE 1 A 6 ATRAQUES. FUENTE. VALENCIAPORT

Como se observa en el gráfico, para una espera relativa de 0,1, distribución $M/E4/5$ y 5 atraques, la tasa de ocupación será del 63%.

$$\phi = 63\%$$

Productividad media del buque atracado

La productividad media del buque (P) es la relación existente entre el volumen anual de mercancías a manipular y la suma de los tiempos brutos anuales de atraque estimados. Para el cálculo del volumen anual se contabilizan los movimientos de contenedores O/D (origen/destino) terrestre y los trasbordos (contabilizados a la carga y descarga).

La productividad anual media de buque depende del número medio de movimientos (contenedores) de las escalas de forma que a mayor tamaño de buque, mayor será la duración de la escala y mayor será la productividad alcanzable y requerida.

El nivel de servicio establecido, nivel B, corresponde a valores de productividad por buque atracado entre 50- 65 contenedores /hora. La productividad establecida por buque será de 60 contenedores por hora.

$$P = 60 \text{ cont/hora}$$

Horas operativas de la terminal al año

El trabajo de los estibadores en las terminales se organiza en turnos de 6 horas que comienzan a las 02:00, 08:00, 14:00 y 20:00. Los días y turnos en los que no se trabaja son los siguiente:

Días completos de inactividad de las terminales:

- 1 de enero, 19 de marzo, 1 de mayo, 25 de diciembre

Jornadas de inactividad repartidas en diferentes días:

- 02-08 día 2 de enero (6 horas)
- 08-20 día 6 de enero (12 horas)
- 20-02 día 18 de marzo (6 horas)
- 02-08 día 20 de marzo (6 horas)
- 14-02 día 16 de julio (12 horas)
- 20-02 día 24 de diciembre (6 horas)
- 02-08 día 26 de diciembre (6 horas)
- 20-02 día 31 de diciembre (6 horas)

Estas jornadas suman 60 horas, que es igual a 2,5 días. Sumando estos 2,5 a los 4 días enteros que no opera la terminal, hacen un total de 6,5 días, y por tanto los días operativos al año serán 358,5, 24 horas, que equivale a 8604 horas anuales. Estas son las horas que en la actualidad se trabaja en la terminal anualmente y por tan, aunque en un futuro puedan aumentarse, con la ventaja de la reducción de personal necesario por la automatización de la terminal, este será el número empleado para el cálculo.

$$T_{\text{año}} = 8604 \text{ horas}$$

Capacidad por línea de atraque

$$C_{LA} = [N * \emptyset] * P * T_{\text{año}} = 5 * 0,63 * 60 * 8604 = 1626156 \text{ cont/año}$$

Dado que la productividad está expresada en contenedores por hora y las unidades que realmente interesan son los TEUs, es necesario aplicar un factor de conversión que permita reflejar el resultado final en estas unidades. El factor de conversión es la relación que existe entre los contenedores de 20 y 40 pies que se manipulan. Para conocer la capacidad de TEUs por año, es necesario aplicar el factor de conversión TEUs/ contenedor. Suponiendo una distribución de 50% de contenedores de cada tamaño, aplicamos un factor de conversión de 1,5.

$$1626156 * 1,5 = 2439234 \text{ TEUs/año}$$

La capacidad por línea de atraque es 2439234 TEUs/año.

Número de atraques	5
Tasa de ocupación admisible	63%
Productividad media del buque (cont/hora)	60
Horas de trabajo al año de la terminal	8604
Factor de conversión	1,5
Capacidad por línea de atraque cont/año	1626156
Capacidad por línea de atraque TEUs/año	2439234

TABLA 13 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



9.3.3. Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de una terminal de contenedores viene condicionada por diversos factores:

- La densidad superficial y productividad del sistema de almacenamiento
- La altura de apilado
- Los tiempos de estancia de las mercancías en la terminal.
- La estacionalidad del tráfico
- La forma y dimensión en planta de la terminal
- La gestión del patio

La siguiente figura, muestra los elementos clave que deben tenerse en cuenta a la hora de calcular la capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores, así como la relación entre ellos.

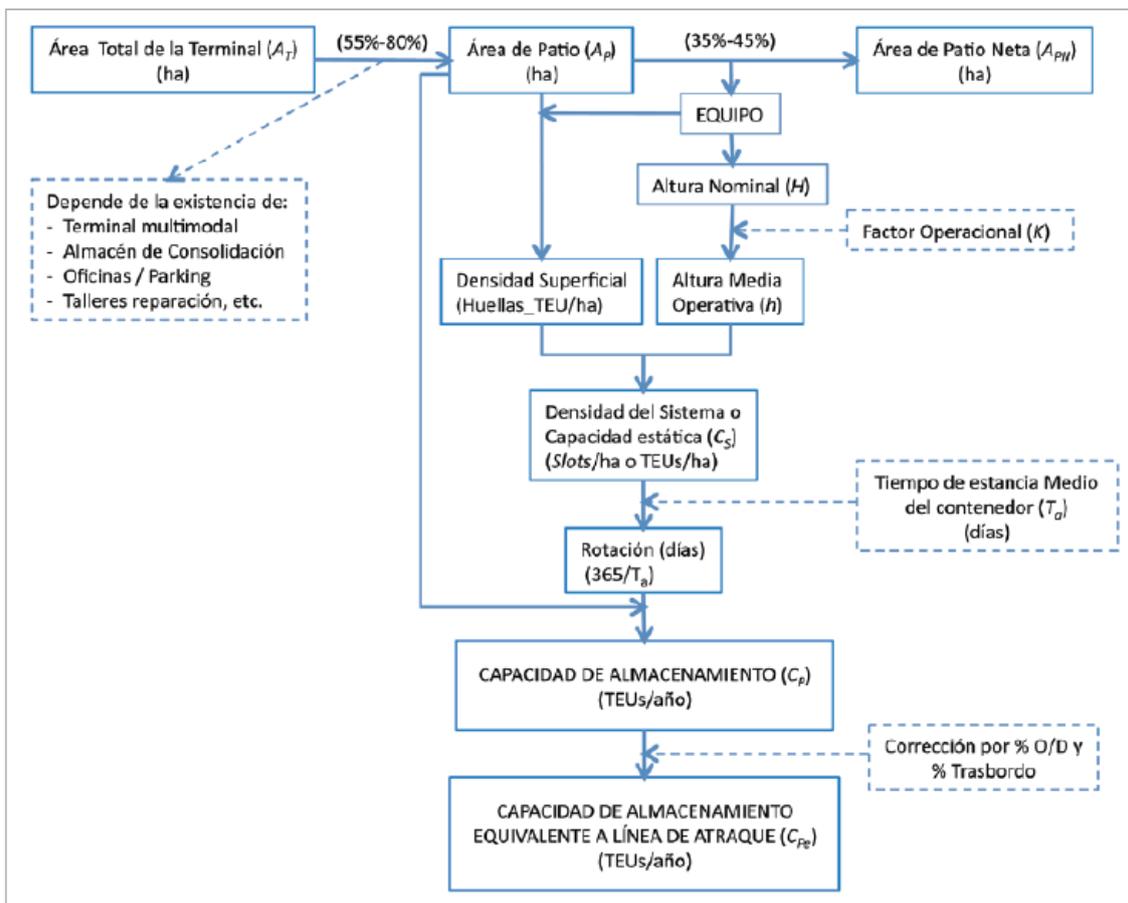


ILUSTRACIÓN 60 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS TERMINALES DE CONTENEDORES. FUENTE: VALENCIAPORT

La ecuación empleada para calcular esta capacidad es la siguiente:

$$C_p = N^{\circ} \text{ Huellas_TEU} * H * \frac{365}{T_a} * K$$

Donde:

- C_p : capacidad anual de almacenamiento de la terminal.
- N° $Huellas_{TEU}$: número de posiciones o slots a nivel del suelo para un TEU que tiene la terminal. Se considera que la superficie de un aHuella_TEU es de 15 m².
- H : altura máxima de apilado
- T_a : tiempo de estancia medio de los contenedores en el área de almacenamiento (en días)
- K : factor operacional
- $365/T_a$: número medio de rotaciones anuales

Número de Huellas (TEUs)

El diseño de la terminal se ha realizado de tal forma que maximizase la capacidad de almacenamiento, pero con una distancias y espacios entre bloques y viales de circulación, que permitan un como funcionamiento de la terminal. Cada huella ocupa una superficie de 15m², con dimensiones 2,5*7 metros.

Los bloques estarán ubicados de forma paralela a las tres líneas de atraque, y se distribuirán de la siguiente forma:

- Muelle Costa: se disponen 7 bloques de 40 huellas de longitud, dejando una distancia entre huellas de 0,40m, y 10 de ancho. Esto hacen un total de 400 huellas por bloque, es decir, 2800 huellas en total en el muelle Costa.
- Muelle Príncipe Felipe: se disponen 7 superbloques, con 10 huellas de ancho cada uno. 5 de ellos con 45 huellas de longitud, que suman en total 29 bloques. Los otros 2 superbloques tienen 40 huellas de longitud, y están compuestos por 11 bloques en total. Estos suman un total de 17745 huellas.
- Muelle Este: en este muelle, debido a su morfología e intentando optimizar al máximo el espacio, se disponen 8 bloques, con diversas longitudes, pero todos con 10 huellas de ancho. Serán 3 de 40 huellas de longitud, un bloque de 38, uno de 35, uno de 34, uno de 29 y un bloque de 25. En total suman 2810 huellas.

Además de estos bloques, existe la zona destinada a los contenedores sobredimensionados. Estos contenedores necesitan normalmente un área superior a una huella, y por norma general no pueden apilarse. El área destinada a estos contenedores ocupa una superficie de 20340m², en la que se estima que existe una capacidad para alrededor de 150 TEUs de contenedores sobredimensionados. Estos contenedores cuentan con un área específica por que por sus dimensiones no pueden tratarse como el resto y por tanto su altura se apilado se considera 1. Por ello este número de huella no se introducirá en la fórmula si no que se calculará de forma independiente.

Por tanto, el número de huellas en el patio será:

$$N^{\circ} \text{ Huellas} = 2800 + 17745 + 2810 = 23355$$

El número de huellas en la zona de contenedores sobredimensionados será:

$$N^{\circ} \text{ Huellas} = 150$$

Altura máxima de apilado

De acuerdo con los equipos de almacenamiento de patio escogidos, tienen una capacidad de apilado de 6+1, por lo que la altura máxima de apilado será de 6 contenedores.



$$H = 6$$

Tiempo de estancia medio de los contenedores

Es un factor “dinámico”, que se define como el tiempo medio de estancia de los contenedores en el patio de almacenamiento de la terminal. Se trata de un parámetro que varía en función del tipo de contenedor, y transporte.

Según el Manual de Capacidad Portuaria, los tiempos de estancia por tipo de contenedor son los siguientes:

- Exportación lleno: 5-9 días
- Exportación vacío: 12-14 días
- Importación lleno: 8-10 días
- Importación vacío: 15-20 días
- Transbordo lleno: 4-7 días
- Transbordo vacío: 20 días..

En España se estima que un valor medio en las terminales de contenedores del territorio nacional es de 8 días.

Factor operacional

Minora la altura máxima de apilado, lo que es necesario para trabajar en condiciones operativas y no realizar excesivas remociones. Cuanto mayor sea la altura de apilado, mayor será el número de contenedores a mover para alcanzar uno determinado. En función del equipo de patio, este factor varía entre 0,55 y 0,70.

Según la siguiente tabla, el factor operacional que correspondería a las ASC con una anchura de bloque 10 y una altura de apilado 6, está entre 0,6 y 0,7. Pero debido al que el aspecto más condicionante es la altura de apilado, se tomará como factor operacional 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

TABLA 14 VALORES DE LA CAPACIDAD ESTÁTICA DE ALMACENAMIENTO DEL PATIO DE CONTENEDORES SEGÚN EQUIPO. FUENTE: VALENCIAPORT

Capacidad de almacenamiento

$$C_p = N^{\circ} \text{Huella}_{TEU} * H * \frac{365}{T_a} * K = 23355 * 6 * \frac{365}{8} * 0,60 = 3836058,75 \text{ TEUs/año}$$

Número de huellas (_TEU)	23355
Altura máxima de apilado	6
Tiempo medio de los contenedores en la terminal	8
Factor operacional	60%
Capacidad de almacenamiento (TEUs/año)	3836058,75

TABLA 15 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA TERMINAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La capacidad de almacenamiento de la terminal es 3836058,75 TEUs/año

10. Implantación de la automatización

Cabe tener en cuenta que los aspectos a considerar que requiere la decisión de automatizar una terminal portuaria de contenedores, son diferentes dependiendo de si se trata de una terminal de nuevo desarrollo (greenfield) o de una terminal ya en servicio (brownfield). Lógicamente, la implementación de automatizaciones en una TPC en servicio es más complicada por motivos de compatibilidad con el desarrollo de la actividad y de resistencia al cambio.

La automatización de una terminal requiere su instrumentación, que consiste en la instalación de equipos, sensores, transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión y recolección de datos, y aplicaciones de software en tiempo real para llevar a cabo, supervisar y controlar las operaciones. Esto supone una pérdida temporal de los niveles de rendimiento operacional y eficiencia habituales, que en ocasiones perjudican la capacidad y el nivel de servicio prestado, y cuya duración y magnitud dependen de la automatización en cuestión. Cuando se trata de una automatización mayor, esta debe implementarse por fases para permitir que la instalación siga operando.

En estos casos hay que tener en cuenta que durante un periodo más o menos largo de tiempo convivirán en la terminal dos formas de manipulación del tráfico, por lo que es imprescindible asegurarse de que el sistema operativo de la terminal (TOS, Terminal Operating System) puede procesar los dos tipos de operativa, así como disponer de espacio adicional que permita crear una sobrecapacidad temporal para evitar la saturación del patio durante la transformación. De igual modo es conveniente seguir una serie de recomendaciones a la hora de diseñar el proceso de automatización de una terminal en servicio, como utilizar, si es posible, un único tipo de equipo de transporte horizontal, o tratar de segregar el flujo de estos equipos en caso de que se trate de una flota mixta, cortar el acceso a ciertas áreas de la terminal, reservar tiempo suficiente en el plan de implementación para probar el sistema una vez completado, no escatimar en la formación de recursos humanos, e informar a los clientes sobre las nuevas instalaciones y procedimientos (Saanen, 2010).



11. Conclusiones

El transporte marítimo moviliza más del 80% del comercio mundial, y su constante crecimiento ha conllevado el crecimiento y el desarrollo de todos los elementos que lo componen. El número de contenedores se disparó desde su aparición, los contenedores se han adaptado para transportar diferentes tipos de carga manteniendo una misma forma de manipulación, los buques siguen creciendo para transportar más cada vez, y las terminales mejoran sus instalaciones para prestar el mejor servicio al mejor coste.

La ubicación del puerto de Valencia, le permite actuar como puerto hub del mediterráneo, siendo la puerta de entrada de los mercados asiáticos al mar mediterráneo. En la actualidad, la mayor parte de los movimientos de contenedores que la terminal en concreto a estudiar, Noatum Container Ports Valencia, son contenedores de transbordo (alrededor de un 65%). El objetivo de la APV es seguir creciendo y consolidarse como puerto Hub de referencia.

Para mantener la competitividad y captar nuevos tráficos, el puerto debe ofrecer un buen servicio, ser eficiente y abaratar los costes. Teniendo en cuenta que los costes de mano de obra suponen de media en las terminales españolas un 50%, todo apunta a que la reducción de los costes debe hacerse de esta partida. La automatización permite la reducción de los estibadores necesarios de 14 a 7.

En España existen ya dos terminales en los puertos de Algeciras (TTI) y Barcelona (best), que han automatizado el subsistema de almacenamiento pero no el subsistema de interconexión, convirtiéndose en terminales semiautomatizadas. En cambio, el diseño realizado para este trabajo transforma a noatum en una terminal automatizada, adquiriendo equipos automáticos tanto para el subsistema de almacenamiento como para el subsistema de transporte horizontal.

Los equipos seleccionados para el almacenamiento serán las grúas ASC gemelas, es decir dos grúas ASC del mismo tamaño por bloque de contenedores. Esta es la tipología más extendida entre las terminales cuyo patio de contenedores esta automatizado, estando probada sobradamente su buen funcionamiento. El patio se dispondrá con bloques paralelos a la línea de ataque, debido al alto porcentaje de contenedores de transbordo. Esto permitirá el acceso de los equipos de interconexión a ambas cabezas de bloque. Esta opción de trabajar los bloques por ambos lados y el criterio de la dispersión de los contenedores por el patio de almacenamiento, son las claves para evitar que una parte de un bloque se cargue de demasiado trabajo y se sature, provocando cuellos de botella.

Para evitar estos cuellos de botella, se ha tenido en cuenta también al “decoupling”, es decir, desacoplar los movimientos de las grúas de patio y de muelle con los equipos de interconexión. Esto solo es posible empleando Sthulle carriers automáticos, denominador por la empresa Kalmar Autostrads. Además, esto permite que el número de equipos necesarios sea menor que si los subsistemas no están desacoplados, y otorga a los tráficos dentro de la propia terminal, una mayor fluidez, congestionando menos las zonas de circulación. En total se adquirirán un total de 110 grúas ASC y 58 autostrads. En el muelle seguirán empleándose las mismas grúas que operan la terminal en la actualidad, pues se considera que son suficientes para los tráficos que llegan a la terminal ya que pueden operar buques de hasta 16.000 TEUs.

A las grúas muelle se les incorporarán sistemas de reconocimiento óptico, para eliminar la necesidad de un trabajador que identifique las cargas y garantice que los movimientos realizados son correctos y que las cargas están en buen estado, pues el sistema de reconocimiento óptico tiene una fiabilidad del 99%.

Se han calculado las capacidades tanto de la línea de atraque como del patio de almacenamiento, obteniendo valores de 2439234 TEUs/año y 3836058,75 TEUs/año. Esto implica que la capacidad obtenida para el almacenamiento es un 1396824,75 superiora la capacidad de la línea de atraque, un 57% más de capacidad.



Con esto valores podemos concluir que ninguno de los dos subsistemas es limitante por su capacidad, dado que se considera que el subsistema de carga y descarga tiene la capacidad suficiente para dar servicio a los buques que lleguen a la terminal, y la capacidad del almacenamiento es muy superior a la de la línea de atraque.

Po este motivo, cabe la posibilidad de no implementar toda la superficie de almacenamiento. Las zonas se delimitarán igualmente con el objetivo de obtener la máxima capacidad de almacenamiento posible, pero dejando distancias cómodas que permitan un funcionamiento fluido de la terminal.

No se ejecutarán los bloques ubicados en el muelle Este, que actualmente no está en funcionamiento, y además la morfología de la terminal limita la longitud de los bloques, y los dos superbloques de 45 TEUs de longitud ubicados en la parte más cercana a tierra. De esta forma la terminal tendrá una capacidad de 2635491 TEUs/año, que deja una franja de casi 200000 TEUs más que la línea de atraque.

El objetivo de la terminal es atraer cada vez a mayores buques y así aumentar también, adquiriendo nuevas grúas, la capacidad de su línea de atraque. Será entonces cuando se deban ejecutar las obras necesarias para poner en funcionamiento el Muelle Costa, y así aumentar la capacidad de almacenamiento hasta los X TEUS.





12. Bibliografía

Monfort Mulinas, A. et. al. (2011). Manual de Capacidad Portuaria. Valencia: Fundación Valenciaport.

Ministerio de Fomento (2011). Recomendaciones para el Proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre. ROM 2.0-11 Tomos I y II. Madrid, Puertos del Estado.

Coma, M. 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.

Jiménez Bayo, P. 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, 2016.

Obrer Marco, R. Nueva determinación de la capacidad de muelles en terminales de contenedores mediante técnicas de simulación. Director: D. José Aguilar Herrando. Tesis de investigación. Universitat Politècnica de Valencia, 2015.

Yáñez González, P. Análisis de capacidad portuaria: intensidad media diaria de contenedores vs intensidad media anual de contenedores. Director: Dña. María del Pilar Jiménez Gómez. Trabajo Final de Máster. Universidad Politécnica de Cartagena, 2014.

Apuntes del Master en Gestión portuaria y transporte Intermodal. Iván Deosdad y Lopez

Autoridad Portuaria de Valencia. Fundación Valenciaport.

<http://www.valenciaport.com>

Europe Container Terminal <http://www.ect.nl/en/content/ect-delta-terminal>

Barcelona Europe South Terminal <http://www.best.com.es>

Las provincias <http://www.lasprovincias.es/>

Informe sobre el transporte marítimo 2016. UNCTAD
https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2016_es.pdf

Informe sobre el transporte marítimo 2017 UNCTAD
https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2017_es.pdf

Datos estadísticos Puertos del estado. Ministerio de fomento. www.puertos.es

ZARCA s.l <https://www.zarca.es/tipos-de-contenedores-maritimos/>

NOATUM PORTS www.noatum.com

Diseño preliminar de una terminal automatizada de contenedores.Revista Sector Marítimo
www.sectormarítimo.es

Tiba Group <https://www.tibagroup.com/mx/mclean-y-la-caja-que-cambio-la-historia-del-comercio>

http://www.fundacion.valenciaport.com/docs/inte-transit/C3SInteTransit_7FGrau.pdf

<http://www.moldtrans.com/origen-e-historia-de-los-contenedores-deltransporte-maritimo>

<https://kanvel.com/portacontenedores/>

<http://www.vigoempresa.com>

<https://bestlogistics.es/evolucion-transporte-maritimo-mercancias/>



http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/semana_1.b_puertos_2013.1.pdf

<https://www.nieuwsbladtransport.nl/havens/2018/03/19/4-groei-voor-ect-moederbedrijf-hutchison-ports/>

<https://www.rfidjournal.com/articles/view?7996/2>

<https://www.alamy.es/>

<http://www.containeroptions.com.au/blog/do-i-need-to-get-my-container-up-off-the-ground>

<http://www.worldshipping.org/about-the-industry/liner-ships/container-ship-design>



ANEJOS



Anejo nº 1: Planos



Índice de planos

Plano 1. Planta general de la terminal marítima

Plano 2. Área de operación



