



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio de soluciones para la ordenación en planta de la
Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de
Alicante.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Costa Porras, María

Tutor/a: Garrido Checa, Joaquín de María

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de soluciones para la ordenación en planta de la Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de Alicante.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Universitat Politècnica de València

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso académico: 2022/2023

Autora: María Costa Porras

Tutor: Joaquín de María Garrido Checa



RESUMEN

Este TFG es un estudio de soluciones para la ordenación en planta de la Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de Alicante, de acuerdo a diferentes alternativas de organización de la operación portuaria para el cambio de uso.

En la actualidad se trata de una terminal polivalente que se centra en el almacenamiento temporal de graneles sólidos; y se desea adecuar su uso al de una terminal de contenedores. Consta de una superficie de 44.311,0659 m², con longitud igual a 410,00 m y una profundidad de 11,00 m.

Será necesario establecer, a partir de la flota de diseño, las capacidades de almacenamiento y atraque, y en base a ello, estudiar las mejores opciones para el diseño de la terminal en cuanto a:

- 1) Subsistema de carga y descarga
- 2) Subsistema de almacenamiento
- 3) Subsistema de recepción y entrega
- 4) Subsistema de interconexión

Una vez seleccionada la opción más adecuada a esta terminal, se redactará un proyecto básico que incluya una memoria, anejos que justifican la solución, planos descriptivos de la misma y valoración económica de los costes de la infraestructura y equipos necesarios.

Palabras clave: Almacenamiento, Contenedor, Straddle Carrier (SC), Rubber Tyred Gantry (RTG), Rail Mounted Gantry (RMG)



RESUM

Aquest TFG és un estudi de solucions per l'ordenació en planta de la Terminal de contenidors del Moll 11 del Port d'Alacant, d'acord a diferents alternatives d'organització de l'operació portuària per al canvi d'ús.

En l'actualitat es tracta d'una terminal polivalent que es centra en l'emmagatzematge temporal de granel sòlids; i es desitja adequar el seu ús al d'una terminal de contenidors. Consta d'una superfície de 44.311,0659 m², amb longitud igual a 410,00 m i una profunditat d'11,00 m.

Caldrà establir, a partir de la flota de disseny, les capacitats d'emmagatzematge i atracada, i en base a això, estudiar les millors opcions per al disseny de la terminal quant a:

1. Subsistema de càrrega i descàrrega
2. Subsistema d'emmagatzematge
3. Subsistema de recepció i lliurament
4. Subsistema d'interconnexió

Una vegada seleccionada l'opció més adequada a aquesta terminal, es redactarà un projecte bàsic que inclogui una memòria, annexes que justifiquen la solució, plànols descriptius de la mateixa i valoració econòmica dels costos de la infraestructura i equips necessaris.

Paraules clau: Emmagatzematge, Contenedor, Straddle Carrier (SC), Rubber Tyred Gantry (RTG), Rail Mounted Gantry (RMG)



ABSTRACT

This TFG is a study of solutions for the management in ground plan (layout) of the Container Terminal of Pier (seawall) 11 of the Port of Alicante, according to different alternatives of organization of the port operation for the change of use.

It is currently a multipurpose (polyvalent) terminal that focuses on the temporary storage of solid bulk; and it is desired to adapt its use to the storage of containers. It consists of an area of 44.311,0659 m², with a length equal to 410.00 m and a depth of 11.00 m.

It will be necessary to establish, from the design fleet, the storage and berthing capacities, and based on this, study the best options for the design of the terminal in terms of:

1. Loading and unloading subsystem
2. Storage subsystem
3. Receiving and delivery subsystem
4. Interconnection subsystem

Once the most appropriate option for this terminal has been selected, a basic project will be drafted that includes a report, annexes that justify the solution, descriptive plans of the same and economic valuation of the costs of the infrastructure and necessary equipment.

Key words: Storage, Container, Straddle Carrier (SC), Rubber Tyred Gantry (RTG), Rail Mounted Gantry (RMG)



ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS DEL TFG

- Memoria
- Anejos
- Planos

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO 1: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEJO 2: CRITERIOS DE DISEÑO

ANEJO 3: SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA

ANEJO 4: SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

ANEJO 5: SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN

ANEJO 6: SUBSISTEMA DE RECEPCIÓN Y ENTREGA

ANEJO 7: MEDICIONES Y VALORACIÓN ECONÓMICA

ANEJO 8: ESTUDIO DE SOLUCIONES

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

PLANO Nº1. PLANO SITUACIÓN

PLANO Nº2. ALTERNATIVA1 - STRADDLE CARRIER

PLANO Nº3. ALTERNATIVA 2 - RUBBER TYRED GANTRY

PLANO Nº4. ALTERNATIVA 3 - RAIL MOUNTED GANTRY

PLANO Nº5. DETALLE LÍNEA DE ATRAQUE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MEMORIA

Estudio de soluciones para la ordenación en planta de la Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de Alicante.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Universitat Politècnica de València

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso académico: 2022/2023

Autora: María Costa Porras

Tutor: Joaquín de María Garrido Checa



ÍNDICE

1.	OBJETO DEL ESTUDIO	8
2.	ANTECEDENTES	8
3.	SITUACIÓN ACTUAL	9
4.	CRITERIOS DE DISEÑO	9
4.1.	ELECCIÓN DE GRÚA	
4.2.	ELECCIÓN DE NÚMERO	
5.	SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	10
5.1.	ELECCIÓN DE GRÚA	
5.2.	ELECCIÓN DE NÚMERO	
6.	SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	11
6.1.	Criterios de plano	
6.2.	Alternativas de almacenamiento	
6.2.1.	Straddle Carrier	
6.2.2.	Rubber Tyred Gantry	
6.2.3.	Rail Mounted Gantry	
7.	SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN.....	16
8.	SUBSISTEMA DE RECEPCIÓN Y ENTREGA	16
9.	MEDICIONES Y VALORACIÓN ECONÓMICA.....	16
10.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	17
10.1.	Criterios de valoración	
10.2.	Selección alternativa	
11.	DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN	19
12.	BIBLIOGRAFÍA	20



1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto principal del estudio es analizar y dimensionar la mejor alternativa de almacenamiento posible que puede albergar el muelle 11 del Puerto de Alicante, para cambiar su uso actual a una terminal de contenedores.

2. ANTECEDENTES

La Autoridad Portuaria de Alicante (APA), con denominación comercial Alicante Port, es la institución gubernamental encargada de la gestión del Puerto de Alicante, el cual forma parte de los 46 puertos de interés general con titularidad estatal.

En el año 1981, gracias al transporte de mercancías con las Islas Canarias, se adecuó las instalaciones para permitir el desarrollo del tráfico de contenedores. Se crea una zona continua al Muelle 11 para el depósito de contenedores, ésta se pavimenta y también se construye un tinglado. Ampliando así la superficie en 16.000 m². No fue hasta alcanzar movimientos de 37.232 contenedores en el año 1985, cuando se introdujeron grúas especializadas, en concreto la grúa INTA-EIMAR justo en el Muelle 11, y el propio muelle se especializó para el tráfico de contenedores.

Fue en 2008 con la ampliación del propio puerto, que la empresa concesionaria construyó una nueva terminal en el Muelle 23 donde instaló dos grúas pórtico y equipos avanzados. Cuando se puso en funcionamiento esta nueva terminal, la terminal del Muelle 11 cerró debido a la reducción de tráfico debido a la crisis sufrida en esa época, impidiendo la coexistencia de dos terminales de contenedores dentro del mismo puerto.



Figura 1 – Terminal de contenedores TCA en el Muelle 11. Fuente Civera et al (2013).

3. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, el Puerto de Alicante ya cuenta con una terminal de contenedores entre los Muelles 21 y 23 de poniente; la cual consta de un muelle de 350 m de longitud, con un calado de 14 m y contiene dos grúas-pórticos y portacontenedores tipo Postpanamax. Su superficie de depósito es de 124038,10 m², y también tiene enlaces tanto ferroviario como por carretera.

Por otro lado, el Muelle 11 está siendo utilizado como terminal polivalente, ofreciendo actividades del tipo industrial y comercial, principalmente su uso se centra en el almacenamiento de granel sólido.

Sin embargo, se desea recuperar su uso previo a la ampliación del puerto del año 2008, como terminal de contenedores. El Muelle 11 consta de una superficie de 44.311,0659 m², con longitud igual a 410,00 m y una profundidad de calado de 11,00 m



Figura 2 – Vista Terminal 11 Puerto de Alicante. Fuente: Google Maps

4. CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación, se definirán los criterios de diseño generales que se han seguido en todas las alternativas, estos están explicados a detalle en el Anejo 2. Criterios de diseño. Se resumen de la siguiente manera.

Se tratará tanto la definición del buque idóneo para el atraque en la terminal, la superficie total disponible en toda la terminal para el almacenamiento y la capacidad de atraque, como el uso general dado a la terminal. Al final se llega a las siguientes conclusiones:

- Definición del buque: Podrán atracar a la vez 2 embarcaciones tipo Feeder de 500 TEUs.
- Superficie total disponible: 65.088,72 m²
- Capacidad de atraque: 468.000,00 TEUs/año
- Uso general: Tipo comercial, concretamente almacenamiento de contenedores

5. SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA

En el subsistema de carga y descarga destaca la grúa pórtico como elemento singular. A continuación, se definirá tanto el tipo de grúa seleccionada como el número de grúas necesarias para un buen funcionamiento.

5.1. ELECCIÓN DE GRÚA

Al seleccionar el tipo de buque Feeder de 500 TEUs, el cual tiene una eslora de 148,00 m y una manga de 23,20 m; la elección óptima por coste económico y tamaño es una grúa pórtico convencional. En concreto, como se muestra en la Figura 3, corresponde una grúa pórtico Feeder, de hasta 13 filas de contenedores en la manga, con una altura máxima de elevación sobre de 25,00 m y una altura total de elevación de 50,00 m

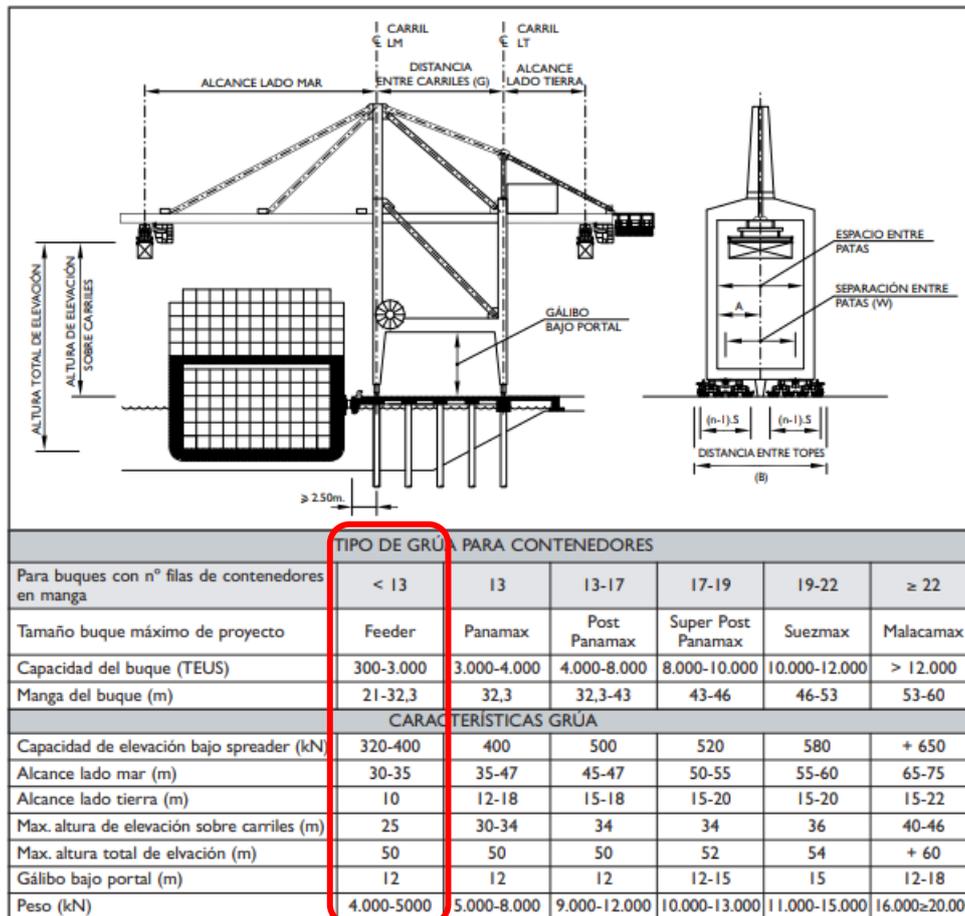


Figura 3 - Tabla 4.6.4.10. Configuración y valores característicos de las cargas transmitidas por grúas pórtico estándar o convencionales sobre carriles para contenedores. Fuente: ROM 2.0-11

5.2. ELECCIÓN DEL NÚMERO GENERAL

Siguiendo el criterio MSC descrito en el Anejo 3. Subsistema de carga y descarga, en el muelle se establecerán 4 grúas pórticos del tipo Feeder, separadas entre sí un máximo de 80 metros.



6. SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

En el subsistema de almacenamiento se produce el depósito temporal de los contenedores en el patio de la terminal. También se produce el trasvase modal entre el buque y los diferentes modos de transporte terrestre como el camión o el ferrocarril.

Este apartado se centra en el sistema que se ha seguido para el diseño de las alternativas.

Los procesos seguidos para el diseño de las alternativas y los detalles de cada una de éstas, se describen en el Anejo 4. Subsistema de almacenamiento, se resumen a continuación:

6.1. CRITERIOS DE PLANO

- Capacidad de almacenamiento
- Disposición del suelo
- Equipos empleados
- Pavimento

6.2. ALTERNATIVAS DE ALMACENAMIENTO

- Straddle Carrier

Un Straddle Carrier es una carretilla en forma de U invertida, que transporta los contenedores entre sus patas, para ello utiliza un spreader adaptado, similar al de las grúas pórticos. Transporta los contenedores paralelamente a la dirección en la que se desplaza, y puede elevarlos varias alturas.



Figura 4 - Straddle Carrier. Fuente: (Endo f an era: The last Kalmar classic straddle Carrier leaves the factory, s.f.)



$$C_p = [V_a] * \left[\frac{365}{T_e} \right] * K_p \rightarrow 2024 * \left[\frac{365}{12} \right] * 1,4 = \mathbf{88.188,66 TEUs/año}$$

La capacidad de almacenamiento del diseño de la terminal de contenedores del Muelle 11 mediante SC es de 88.188,66 TEUs/año, mientras que la capacidad por línea de atraque es de 468.000,00 TEUs/año, siendo la primera la capacidad limitante.

Mantiene una disposición paralela al muelle, con un reparto del suelo tal que así:

- Almacenamiento: 36.228,533 m²
- Auxiliar: 3.802,4765 m²
- Operaciones: 21.259,7675 m²

Se necesitará un SC por pastilla de contenedores por ello, se cuenta con 8 equipos de Straddle Carrier. En concreto se ha elegido una carretilla puente tipo lanzadera por su capacidad de carga máxima y su altura de elevación máxima de dos alturas.

Siguiendo todo el proceso de selección de pavimento descrito en la ROM 4.1-18, se llega a la conclusión de utilizar un pavimento de hormigón vibrado HG 4,5 en toda la explanada con un espesor de 0,20 m.

USO COMERCIAL ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES (Zona de operación con Straddle Carrier)		
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HF 4,5 ⁽¹⁾		
MÁXIMO 0,20 m	MEDIO 0,20 m	MÍNIMO 0,20 m
II: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO		
MÁXIMO 0,15 m	MEDIO 0,15 m	MÍNIMO 0,15 m
III: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS		
MÁXIMO 0,15 m	MEDIO 0,15 m	MÍNIMO 0,15 m
IV: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽²⁾		
MÁXIMO ⁽³⁾ 0,12 m	MEDIO ⁽³⁾ 0,10 m	MÍNIMO 0,10 m
V: MEZCLAS BITUMINOSAS DE ALTO MÓDULO		
MÁXIMO 0,14 m	MEDIO 0,13 m	MÍNIMO 0,13 m
VI: MEZCLA BITUMINOSA		
MÁXIMO 0,24 m	MEDIO 0,22 m	MÍNIMO 0,21 m
Notas: (1): En las zonas de depósito de los contenedores existe la posibilidad, con los espesores indicados, de que se produzcan fisuraciones, que se consideran admisibles si dichas zonas van a ser empleadas para depósito y no para la circulación de los equipos. (2): En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. (3): La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón HM 20(0,15 m) o suelo-cemento (0,20 m).		

Figura 5 - Tabla secciones estructurales normalizadas para uso comercial, almacenamiento de contenedores (Zona de operación con Straddle Carrier). Fuente: ROM 4.1-18

- Rubber Tyred Gantry

Un Rubber Tyred Gantry o Puente grúa sobre neumáticos, consiste en dos pórticos paralelos sobre los que se desplaza un puente grúa. Son grúas autopropulsadas que se desplazan siguiendo trayectorias rectilíneas sobre las pilas de contenedores que forman ellas mismas entre sus patas.



Figura 6 - Rubber Tyred Gantry. Fuente: Grúas apiladoras de contenedores sobre neumáticos, s.f.

$$C_p = [V_a] * \left[\frac{365}{T_e} \right] * K_p \rightarrow 3.780 * \left[\frac{365}{10} \right] * 1,2 = \mathbf{165.564,00 TEUs/año}$$

La capacidad de almacenamiento del diseño de la terminal de contenedores del Muelle 11 mediante RTG es de 165.564,00 TEUs/año, mientras que la capacidad por línea de atraque es de 468.000.00 TEUs/año, siendo la primera la capacidad limitante.

Mantiene una disposición perpendicular al muelle, con un reparto del suelo tal que así:

- Almacenamiento: 28.020,9437 m²
- Auxiliar: 9.334,638 m²
- Operaciones: 21.259,062 m²

Se necesitará un RTG y una unidad tractor-plataforma por pastilla de contenedores para asegurar una productividad elevada, por ello se cuenta con ocho equipos de cada tipo. En concreto se ha elegido un pórtico sobre neumáticos con una altura 5+1, el cual permite hacer apilamientos de contenedores en bloques de 5 alturas dejando un espacio libre para el manejo de la carga; y unas cabezas tractoras con capacidad de carga de unos 650 KN y un sistema de ejes tándem.

Siguiendo el proceso de selección de pavimento descrito en la ROM 4.1-18, se llega a la conclusión de utilizar un pavimento de hormigón vibrado HG 4,5 en toda la explanada con un espesor de 0,29 m en la zona de operación y de 0,61 m en la zona de almacenamiento.

USO COMERCIAL		ZONAS DE OPERACIÓN	
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HF 4,5			
MÁXIMO 0,32 m	MEDIO 0,29 m	MÍNIMO 0,26 m	
II: PAVIMENTO DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO			
MÁXIMO 0,32 m	MEDIO 0,29 m	MÍNIMO 0,26 m	
III: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO			
MÁXIMO 0,28 m	MEDIO 0,25 m	MÍNIMO 0,22 m	
IV: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS			
MÁXIMO 0,25 m	MEDIO 0,22 m	MÍNIMO 0,20 m	
V: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽¹⁾			
MÁXIMO ⁽²⁾ 0,12 m	MEDIO ⁽²⁾ 0,10 m	MÍNIMO ⁽²⁾ 0,10 m	
Notas: (1): En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. (2): La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón HM 20 (0,15 m) o suelo-cemento (0,20 m).			

Figura 7 - Tabla secciones estructurales normalizadas para uso comercial, zona de operaciones. Fuente: ROM 4.1-18

USO COMERCIAL		ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES (5 alturas)	
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HF 4,5 ⁽¹⁾			
MÁXIMO 0,64 m	MEDIO 0,61 m	MÍNIMO 0,57 m	
II: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO			
MÁXIMO 0,46 m	MEDIO 0,44 m	MÍNIMO 0,41 m	
III: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS			
MÁXIMO 0,51 m	MEDIO 0,49 m	MÍNIMO 0,46 m	
IV: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽²⁾			
MÁXIMO ⁽³⁾ 0,12 m	MEDIO ⁽³⁾ 0,10 m	MÍNIMO 0,10 m	
V: MEZCLAS BITUMINOSAS DE ALTO MÓDULO			
MÁXIMO 0,57 m	MEDIO 0,54 m	MÍNIMO 0,50 m	
Notas: (1): En las zonas de depósito de los contenedores existe la posibilidad, con los espesores indicados, de que se produzcan fisuras, que se consideran admisibles si dichas zonas van a ser empleadas para depósito y no para la circulación de los equipos. (2): En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. En este tipo de pavimento es normal que se produzcan deformaciones del mismo. (3): La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón HM 20 (0,15 m) o suelo-cemento (0,20 m).			

Figura 8 - Tabla secciones estructurales normalizadas para uso comercial, almacenamiento de contenedores (5 alturas). Fuente: ROM 4.1-18

- Rail Mounted Gantry

Un Rail Mounted Gantry o Punte grúa sobre raíles, son dos pórticos paralelos sobre los que se desplaza un puente grúa, parecidos al sistema RTG; sin embargo, este se desplaza sobre raíles y tiene unas dimensiones mayores. La cabina situada en el RMG, se mueve junto al spreader.



Figura 9 – Rail Mounted Gantry. Fuente: Grúas apiladoras de contenedores sobre raíles, s.f.

$$C_p = [V_a] * \left[\frac{365}{T_e} \right] * K_p \rightarrow 4.480 * \left[\frac{365}{8} \right] * 1 = \mathbf{204.400,00 TEUs/año}$$

Por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de la terminal de contenedores del Muelle 11 mediante RTG es de 204.400,00 TEUs/año, comparando ambas capacidades, podemos comprobar que la capacidad de almacenamiento es la limitante.

Mantiene una disposición perpendicular al muelle, con un reparto del suelo tal que así:

- Almacenamiento: 28.020,9437 m²
- Auxiliar: 7.798,4676 m²
- Operaciones: 21.259,062 m²

Se necesitará un RMG y una unidad tractor-plataforma por pastilla de contenedores para asegurar una productividad elevada, por ello se cuenta con ocho equipos de cada tipo. En concreto se ha elegido un pórtico sobre neumáticos con una altura 5+1, el cual permite hacer apilamientos de contenedores en bloques de 5 alturas dejando un espacio libre para el manejo de la carga; y unas cabezas tractoras con capacidad de carga de unos 650 KN y un sistema de ejes tándem.

Siguiendo el proceso de la ROM 4.1-18 para la elección del pavimento, se llega a la misma conclusión que en la alternativa de almacenamiento por RTG.

7. SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN

En el caso de terminales donde se utilice el SC como equipo de patio, no hay periodos de espera ya que el mismo equipo realiza la transferencia y el apilado o desapilado. Lo que se traduce a que no es necesario un subsistema de interconexión.

Sin embargo, en los casos de RTG y RMG, los ciclos de los equipos de interconexión se ven directamente enlazados por un lado con la grúa pórtico, y por el otro lado con las grúas de patio, sean éstas de cualquiera de los dos tipos. Por otra parte, los ciclos de las grúas de muelle y los ciclos de patio se ven indirectamente relacionados debido a que la actividad de las grúas de patio consiste en la carga o descarga de los contenedores ya sea de los equipos de interconexión o de los camiones externos, también almacenan y reorganizan el patio para facilitar las operaciones de carga y descarga.

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

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

Figura 10 - Tabla: Equipos de interconexión entre los distintos subsistemas en función del equipo de patio. Fuente: Monfort et al (2011)

8. SUBSISTEMA DE RECEPCIÓN Y ENTREGA

Como en esta terminal no hay puerta ferroviaria, hay más flexibilidad en el método de recepción y entrega. además, no se debe estudiar nada conforme al sistema a seguir en caso de existencia de una, ya que en las terminales de transbordo (los hubs), el subsistema de recepción y entrega no tiene importancia.

9. MEDICIONES Y VALORACIÓN ECONÓMICA

Se ha identificado como unidades de obra condicionantes para la valoración económica y de mayor volumen de obra las siguientes:

- Trabajos previos
 - Desvío de servicios
 - Demolición elementos sobrantes
 - Fresado del firme

- Pavimentación
 - Raíles, solo estudiado en el caso de la alternativa 3
 - Firme 134
- Equipos
 - Grúa Feeder
 - Los diferentes equipos utilizados en cada alternativa

Para observar las mediciones y valoraciones de cada unidad de obra, ir al Anejo 7. MEDICIONES Y VALORACIÓN ECONÓMICA.

10. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Una vez se han enumerado y descrito a detalle las alternativas propuestas, se debe realizar un análisis comparativo teniendo en cuenta unos criterios de valoración descritos a continuación. Estos criterios estarán ponderados con valores entre 0 y 1, valorando con valor de la unidad al criterio de mayor importancia y asignando al de menor el valor 0. La suma de todos los coeficientes de ponderación será igual a 1.

Por lo tanto, definido el criterio de ponderaciones a seguir, la alternativa con mayor puntuación será la elegida.

10.1. CRITERIOS DE VALORACIÓN

- Área repartida
- Contenedores vacíos
- Reefers
- Accesos
- Coste
- Impacto ambiental

CRITERIOS DE VALORACIÓN	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS		
	STRADDLE CARRIER	RUBBER TYRED GANTRY	RAIL MOUNTED GANTRY
ÁREA REPARTIDA	3.84	5	1
CONTENEDORES VACÍOS	1	3	3
REEFERS	2	2	3
ACCESOS	5	1	1
COSTE	5	3.69	1
IMPACTO AMBIENTAL	1	3	5

Figura 11 - Criterios de valoración. Fuente: Elaboración propia



10.2. TABLAS RESUMEN VALORES PONDERADOS

- Alternativa 1:

CRITERIOS DE VALORACIÓN	PUNTUACIÓN STRADDLE CARRIER	COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
ÁREA REPARTIDA	3.84	0.3	1.152
CONTENEDORES VACÍOS	1	0.1	0.1
REEFERS	2	0.1	0.2
ACCESOS	5	0.1	0.5
COSTE	5	0.2	1
IMPACTO AMBIENTAL	1	0.2	0.2
		TOTAL	3.152

Figura 12 - Tabla resumen valores ponderados Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

- Alternativa 2:

CRITERIOS DE VALORACIÓN	PUNTUACIÓN RUBBER TYRED GANTRY	COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
ÁREA REPARTIDA	5	0.3	1.5
CONTENEDORES VACÍOS	3	0.1	0.3
REEFERS	2	0.1	0.2
ACCESOS	1	0.1	0.1
COSTE	3.69	0.2	0.738
IMPACTO AMBIENTAL	3	0.2	0.6
		TOTAL	3.438

Figura 13 - Tabla resumen valores ponderados Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

- Alternativa 3:

CRITERIOS DE VALORACIÓN	PUNTUACIÓN RAIL MOUNTED GANTRY	COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
ÁREA REPARTIDA	1	0.3	0.3
CONTENEDORES VACÍOS	3	0.1	0.3
REEFERS	3	0.1	0.3
ACCESOS	1	0.1	0.1
COSTE	1	0.2	0.2
IMPACTO AMBIENTAL	5	0.2	1
		TOTAL	2.2

Figura 14 - Tabla resumen valores ponderados Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, tras el análisis y comparación de alternativas, se puede observar como la alternativa 2, tiene una puntuación total superior al resto. Por ello, referente a la ordenación en planta de la Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de Alicante, la solución elegida es la **Alternativa 2**, referente al almacenamiento mediante **Rubber Tyred Gantry**.



11. DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para concluir, se quiere recopilar todas las características de la solución elegida.

Se trata de una ordenación en planta de la Terminal de contenedores del Muelle 11 del Puerto de Alicante, donde se establece un subsistema de carga y descarga con 4 grúas pórtico Feeder, dos para cada buque que atraque en el muelle, con una capacidad de atraque de 468.000,00 TEUs/año.

También se establece un subsistema de almacenamiento donde el patio se divide en ocho pastillas de contenedores de 5 niveles de altura, cada una operada por un equipo RTG, y un sistema de cabeza tractora con plataforma como subsistema de interconexión; pudiendo alcanzar una capacidad de almacenamiento de 165.564,00 TEUs/año.

Las pastillas están dispuestas perpendicularmente al muelle, lo que conlleva recorridos más cortos de los equipos funcionando en la terminal y zonas de carga/descarga y entrega/recepción muy bien delimitadas y separadas entre sí. Para combatir los inconvenientes que esta disposición del suelo conlleva; se ha organizado el patio muy deliberadamente, siguiendo las indicaciones de la ROM 2.0, para otorgarle el suficiente espacio a los equipos de la terminal para que realicen todas sus maniobras y se ha estudiado la línea de trabajo para evitar que la productividad de las grúas pórtico se vea afectada.

Se decide utilizar hormigón vibrado HF 4,5 a la hora de pavimentar la terminal. Se distinguen dos zonas diferentes respecto al espesor que se deberá tener, la zona de operación tendrá un espesor de 0,29m y la zona de almacenamiento aumentará hasta 0,61 m.

Tras realizar las mediciones de las unidades de obra más destacables, se llega a un presupuesto de 24.839.843,42 €.

12. BIBLIOGRAFÍA

Para la redacción del estudio se han utilizado las siguientes fuentes:

Puerto de Alicante:

- Autoridad Portuaria de Alicante (2023). Inicio-Puerto de Alicante. Puerto de Alicante. <http://www.puertoalicante.com/>

Normativa: ROM 2.0-11

- *Recomendaciones para Obras Marítimas (Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre) [Tomo I] y [tomo II]*. (2012, junio). Puertos del Estado. <http://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/ROM%202.0-11.pdf>

Normativa: ROM 4.1-18

- *Recomendaciones para Obras Marítimas (Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios)*. (2019). Puertos del Estado. http://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%204_1-18.pdf

Tesis:

- Ribera Lluch, Clara (2021). *Estudio de viabilidad de la nueva terminal portuaria de contenedores en la dársena norte del Puerto de Valencia mediante la metodología MEIPOR*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/17551>
- Peris Carabal, María (2018). *Estudio para la automatización de la terminal marítima de contenedores de NOATUM en el Puerto de Valencia* [Trabajo final de Máster]. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/117134>
- Gallego Alcalá, A. (2019). *Estudio de alternativas de adecuación al uso de cruceros de la viga cantil en el Muelle 11 del Puerto de Alicante*. <http://hdl.handle.net/10251/136082>

Libros:

- Mulinas, A. M. (2011). *Manual de capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores*.
- Civera, I. A., Marsal, J. F., Villora, J. C. M., Rodríguez, M. C., Santonja, J. A. G., Díaz, R. P., Ruiz, R. A., Barrachina, M. S., Montalvo, J. H., García, S. D., Viquer, S. C., Uriarte, A. Z., Ferrando, S. P., Fonseret, R. M., Jiménez, J. S., Chapapría, V. E., Herrando, J. A., Mas, J. C., Alegría, J. V. L., . . . Ambient, C. V. C. d. T. I. M. (2013). *El comercio y la cultura del mar: Alicante, puerta del Mediterráneo*.
- Mulinas, A. M., & Valenciaport, F. (2012). *Innovaciones tecnológicas y de gestión en terminales portuarias de contenedores*.

Noticias:

- *El Puerto de Alicante autoriza la nueva terminal multipropósito de JSV.* (2022, 11 febrero). www.diariodelpuerto.com. <https://www.diariodelpuerto.com/maritimo/el-puerto-de-alicante-autoriza-la-nueva-terminal-multiproposito-de-jsv-BE9547704>
- Navarro, R. (2023, 16 enero). La nueva terminal de mercancías de Alicante: JSV podrá almacenar hasta 3.150 contenedores. *Alicantepiazza*. <https://alicantepiazza.es/nueva-terminal-mercancias-alicante-jsv>
- Navarro, R. (2022, 20 septiembre). JSV inicia la obra de su nueva terminal en el Puerto para mover 1.600 contenedores semanales en 2023. *Alicantepiazza*. <https://alicantepiazza.es/jsv-inicia-la-obra-de-su-nueva-terminal-en-el-puerto-para-mover-1600-contenedores-semanales-en-2023>

Páginas web:

- *Normas básicas de seguridad portuaria - Autoridad Portuaria de Gijón.* (n.d.). Puerto De Gijón - Autoridad Portuaria De Gijón. <https://www.puertogijon.es/puerto/situacion-y-accesos/seguridad-portuaria/>
- INSHT, 1083 NTP, 2017, *Grúas pórtico portacontenedores. Cestas acopladas: seguridad.*
- *Base de datos de construcción.* (2022, julio). Instituto Valenciano de la Edificación. <https://bdc.f-ive.es/BDC22/1>

Contrataciones del estado:

- *Plataforma de Contratación del Sector Público.* (n.d.). https://contrataciondelestado.es/wps/portal!/ut/p/b0/DcqxCoAgEADQD2q4lafAoSBqC6fSJQ61ODy1wPz-HB88MHCASVjpxki5ITdr5_3DIMLgfeFmfzJZKmhbgB0MGHJzZdD2eBeR-xLW_F0Cp62ripWU8MQ4_vOmnRE!/
- *Plataforma de Contratación del Sector Público.* (n.d.). https://contrataciondelestado.es/wps/portal!/ut/p/b0/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljU1JTC3Iy87KtUIJLEnNyUuNzMpMzSxKTgQr0w_Wj9KMyU1zLcvQjjQzNDLO9LQ29spwzXb2KwoIKc_IrHW1t9QtYcx0BiLOWgA!/
- *Plataforma de Contratación del Sector Público.* (n.d.). https://contrataciondelestado.es/wps/portal!/ut/p/b0/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljU1JTC3Iy87KtUIJLEnNyUuNzMpMzSxKTgQr0w_Wj9KMyU1zLcvQjPVzy8_xyTU2qzP3KlVnCsGp9DFQNohtbfULcnMdAYtWXY!/