



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Proyecto básico de la prolongación del Muelle del Prat
del Puerto de Barcelona

Presentado por

Melgarejo Serrano, Carmelo

Para la obtención del

Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2017/2018

Fecha: Julio de 2018

Tutora: Gómez Martín, María Esther

DEDICATORIA

*Este último trabajo de mi carrera académica
va dedicado exclusivamente a mi madre.*

Mamá

*Siempre me apoyaste y me diste fuerzas
para afrontar unos estudios que han requerido
hasta la última gota de mi paciencia y dedicación.*

*No has podido llegar a ver el final,
aunque sé lo orgullosa que debes de estar,
preciosa y sonriente desde el cielo.
Yo también lo estoy de ti, por tanto, tanto, tanto...*

Siempre estuviste a mi lado y sé que siempre lo estarás

Siempre contigo, siempre conmigo

Tu hijo que te quiere

Índice general

Documento nº 1: Memoria

- Memoria
 - Anejo 1: Antecedentes y estado actual
 - Anejo 2: Justificación de las obras
 - Anejo 3: Topografía y batimetría
 - Anejo 4: Geología y geotecnia
 - Anejo 5: Clima
 - Anejo 6: Clima marítimo
 - Anejo 7: Demanda y buques de proyecto
 - Anejo 8: Estudio de soluciones
 - Anejo 9: Obras de atraque - Estabilidad
 - Anejo 10: Obras de atraque - Estructura
 - Anejo 11: Firmes
 - Anejo 12: Estudio de maniobrabilidad
 - Anejo 13: Estudio de capacidad
 - Anejo 14: Obras de dragado
 - Anejo 15: Estudio de impacto ambiental
 - Anejo 16: Plan de obra

Documento nº 2: Planos

- Plano 1: Plano general y de situación
- Plano 2: Planta general del estado actual y batimetría
- Plano 3: Planta general de las obras proyectadas
- Plano 4: Estudio de maniobrabilidad
- Plano 5: Nomenclatura de los cajones y replanteo
- Plano 6: Sección tipo
- Plano 7: Alineaciones y perfiles transversales
- Plano 8: Geometría del cajón
- Plano 9: Armado del cajón

Documento nº 3: Presupuesto

- Presupuesto
 - Mediciones
 - Precios unitarios
 - Valoración económica
 - Resumen del presupuesto



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



*Proyecto básico de la prolongación del
Muelle del Prat del Puerto de Barcelona*



DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA Y ANEJOS

Trabajo de Fin de Máster
Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Autor: Carmelo Melgarejo Serrano
Tutora: María Esther Gómez Martín

Curso 2017/2018
Valencia, julio de 2018



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



*Proyecto básico de la prolongación del
Muelle del Prat del Puerto de Barcelona*



MEMORIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



*Proyecto básico de la prolongación del
Muelle del Prat del Puerto de Barcelona*

Índice

1.	Introducción.....	5
2.	Objeto y localización	5
3.	Antecedentes y estado actual	6
3.1.	Barcelona.....	6
3.2.	Puerto de Barcelona	6
3.3.	Terminal BEST (Barcelona Europe South Terminal)	7
3.4.	Hutchison Ports.....	7
3.5.	Accidente del 1 de enero de 2007	7
4.	Justificación de las obras	8
4.1.	III Plan Estratégico 2015-2020.....	8
4.2.	Hutchison Ports.....	8
4.3.	Ampliación	8
5.	Topografía y batimetría	8
6.	Geología y geotecnia	8
7.	Clima	9
8.	Clima marítimo	9
9.	Demanda y buques de proyecto	9
9.1.	Oferta actual	9
9.2.	Demanda	10
9.3.	Buques de proyecto	10
10.	Estudio de soluciones.....	10
11.	Obras de atraque - Estabilidad.....	11
12.	Obras de atraque - Estructura	11
13.	Firmes.....	12
14.	Estudio de maniobrabilidad	13
15.	Estudio de capacidad	14
15.1.	Capacidad de la línea de atraque	14
15.2.	Capacidad de almacenamiento.....	14
16.	Obras de dragado.....	14
17.	Obras complementarias	15
17.1.	Superestructura.....	15



17.2.	Servicios, instalaciones y señalización	15
17.3.	Equipamiento	15
18.	Estudio de impacto ambiental	15
19.	Plan de obra	16
20.	Presupuesto	16
21.	Documentos del proyecto básico	17
22.	Conclusión.....	18
23.	Bibliografía.....	19

1. Introducción

Como parte final de la formación y requisito imprescindible para superar la titulación de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, los alumnos deben desarrollar un Trabajo Final de Máster. En este caso, se opta por la realización individual de un proyecto básico. Este proyecto básico no se corresponde con ningún proyecto real, sino que se trata de un ejercicio meramente académico que, por otro lado, trata de ser lo más realista posible.

2. Objeto y localización

El objeto de este proyecto básico es la ampliación del Muelle del Prat del Puerto de Barcelona (Barcelona, España). En este muelle se localiza la Terminal BEST (Barcelona Europe South Terminal) semiautomática de contenedores, operada por el Grupo Hutchison Port Holdings. Los interesados en la ampliación son el mismo Grupo HPH y la Autoridad Portuaria de Barcelona.



Figura 1. Localización de Barcelona

El muelle se encuentra al sur del puerto. Las obras previstas consisten en una ampliación de planta aproximadamente cuadrada, de unos 450x450m que generan una nueva superficie de unas 20 hectáreas. La obra de atraque estará constituida por cajones de hormigón armado de 34,50 x 21,20 x 18,00 metros (eslora x manga x puntal) aligerados por celdas cuadradas. Estará dedicada al tráfico de contenedores.

Se puede observar mejor el encuadre de las obras en la imagen siguiente:



Figura 2. Puerto de Barcelona y ampliación proyectada

3. Antecedentes y estado actual

3.1. Barcelona

Mundialmente conocida, la capital de la Comunidad Autónoma de Cataluña y de la provincia de Barcelona, es la segunda ciudad más poblada e importante de España. Cuenta con una población de 1.600.000 habitantes (más de 5 M en el área metropolitana) y se encuentra a orillas del mar Mediterráneo, por lo que posee uno de los puertos más importantes del país, tanto por volumen de mercancías como por volumen de viajeros.

3.2. Puerto de Barcelona

En catalán Port de Barcelona, se encuentra encajado entre la nueva desembocadura del río Llobregat y el barrio de La Barceloneta. Es un puerto de interés general, está gestionado por la Autoridad Portuaria de Barcelona, dependiente de Puertos del Estado, y por lo tanto del Ministerio de Fomento. Posee el mayor tráfico de cruceros del Mediterráneo y es uno de los mayores a nivel mundial.

Algunas cifras son:

Tabla 1. Tráfico 2017

Tráfico acumulado en 2017	
Tráfico total	48.718.747 t
TEU	2.243.584 TEUs
Pasajeros	3.957.729 pax
Automóviles	917.202 ud
Buques	8.728 ud

El puerto forma parte de la *core network* de la Red Transeuropea de Transportes RTE-T dentro del Corredor Mediterráneo. Actualmente es el único puerto español con conexión ferroviaria de ancho UIC con Europa.

3.3. Terminal BEST (Barcelona Europe South Terminal)

En diciembre del 2005 la Autoridad Portuaria de Barcelona convocó un concurso público para la construcción y explotación de la nueva terminal de contenedores del Muelle Prat, en la zona de ampliación del Port de Barcelona de Barcelona. Se culminaba así una etapa de desarrollo del Port de Barcelona iniciada con su plan Director del año 1990. En mayo del 2006, la Autoridad Portuaria de Barcelona falló el concurso adjudicando la licitación a la oferta presentada conjuntamente por HPH y el Grupo Mestre. A mediados del 2012 la nueva terminal semi-automatizada Barcelona Europe South Terminal (BEST) empezó con las primeras pruebas operativas. La terminal pudo finalmente ser inaugurada oficialmente el 27 de septiembre de 2012.

Se sitúa en el Muelle del Prat, al sur del puerto. Actualmente dispone de 11 grúas de muelle Super Post-Panamax, 54 grúas automatizadas (ASC) y 26 Shuttle Carriers, operando a lo largo de 1.500 metros de muelle con un calado de 16,5 metros. Cuenta con una superficie para el almacenamiento de contenedores de 80 ha con 27 bloques automatizados, así como capacidad para almacenar y monitorizar 1.350 contenedores refrigerados. Además, cuenta con uno de los sistemas de puertas más modernos de Europa y una de las terminales ferroviarias más grandes dentro de una terminal marítima de contenedores, con 8 vías de ancho mixto (ibérico y UIC). La terminal está gestionada por el sistema operativo nGen desarrollado por el grupo Hutchison Ports.

3.4. Hutchison Ports

Hutchison Ports, filial del conglomerado multinacional CK Hutchison Holdings Limited, se erige como líder mundial en inversión, desarrollo y operación portuaria. La red de operaciones portuarias de Hutchison Ports cuenta con 52 puertos, expandiéndose en 26 países de Asia, Oriente Medio, África, Europa, América y Australasia.

3.5. Accidente del 1 de enero de 2007

El 1 de enero de 2007 se produjo el colapso del Muelle del Prat cuando se encontraba en plena ejecución. El accidente causó unas pérdidas económicas que superan los 216,7 millones de euros, además de provocar un retraso de cuatro años en la entrada en servicio de las obras. Se desplazaron 16 de los 37 cajones que conformaban la línea de muelle, una alineación de 600 m. Los informes técnicos mostraron que fue un hecho excepcional y que no era predecible en aquel momento. Afortunadamente el accidente no se saldó con víctimas mortales.

El deslizamiento de los cajones (de hasta 100 m) durante la construcción fue debido al incremento de la presión aplicada sobre el trasdós, superándose el estado límite último de deslizamiento en el contacto cajón-banqueta. El dique falló por licuefacción de arenas. El trasdós se realizó mal y rápido, y el relleno hidráulico se dispuso demasiado deprisa, además de no poseer la calidad suficiente (no se trataba del relleno de pedraplén adecuado).

4. Justificación de las obras

4.1. III Plan Estratégico 2015-2020

El Plan, con el objetivo de reforzar la posición del Puerto de Barcelona tanto en el presente como en el futuro, establece 13 objetivos estratégicos que permiten orientar los proyectos y acciones prioritarias con el horizonte temporal en el año 2020.

En este caso concreto, se obedece el *Objetivo Estratégico 4: Completar la gran ampliación del Port de Barcelona, en el que se especifica finalizar la implantación de la terminal BEST, en el muelle Prat, mediante la finalización de la segunda fase de la implantación de HPH, que debe ampliar la actual superficie operativa de la terminal hasta las 100 hectáreas.*

4.2. Hutchison Ports

Como la compañía indica, *tanto por el buen funcionamiento de la terminal como por el reconocimiento que ha tenido entre sus clientes y usuarios, el grupo HPH mantiene la apuesta y confianza por su desarrollo, y ha decidido empezar una nueva fase de ampliación.*

4.3. Ampliación

Hasta el año 2013 se realizó la construcción de la primera fase prevista por el grupo HPH, alcanzando 1.000 m de alineación de muelle y una superficie de 60 ha. En 2014 se inició una segunda fase de ampliación, alcanzando los 1.500 m y 80 ha. Además, se prevén futuras ampliaciones.

Este proyecto básico no pretende abarcar todas las áreas previstas de ampliación, sino que se ceñirá al sector más al Norte del muelle, ampliándolo en otros 450 m y 20 ha.

5. Topografía y batimetría

Dadas las limitaciones que suponen a un ejercicio académico como este, no resulta posible la realización de un levantamiento topográfico o una campaña de prospecciones batimétricas. Por ello, se ha recopilado la información disponible abierta y gratuitamente, realizando la modelización del terreno gracias a los datos publicados por la Autoridad Portuaria de Barcelona en el portal de datos abiertos del Gobierno de España (www.datos.gob.es) y al visor online de Navionics (webapp.navionics.com), una empresa italiana con un visor online de batimetría mundial.

6. Geología y geotecnia

Al igual que antes, no resulta posible la realización de los ensayos y reconocimientos necesarios. Se ha recopilado la información publicada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC).

El terreno presenta unas condiciones constructivas favorables a priori. Se considera una morfología eminentemente llana, una permeabilidad media y una capacidad de carga media también. El ICGC tiene publicados varios sondeos cercanos, considerando en este caso como representativo de la zona de actuación el sondeo S-78.

Además, se ha caracterizado la sismicidad de la zona de actuación, según la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, concluyendo que no se considerará el cálculo sísmico.

7. Clima

El clima en Barcelona es del tipo mediterráneo marítimo. Este se caracteriza por tener inviernos relativamente húmedos y suaves, y veranos secos y cálidos. Las estaciones más lluviosas son las intermedias, otoño y primavera. Hay pocos días con temperaturas extremas, de frío o de calor. De acuerdo con la clasificación de Köppen-Geiger la ciudad se encuentra en una zona Csa de clima subtropical de veranos secos y calurosos (clima mediterráneo).

La temperatura media anual se sitúa en los 16 °C, la precipitación en 588 mm y la humedad en el 69%.

La información acerca del viento se obtiene de la estación meteorológica Barcelona II-Sirena de la red REMPOR (Puertos del Estado). Las calmas suponen el 12% del tiempo, la velocidad será menor o igual a 6 m/s el 89% del tiempo y, aunque posee mayor velocidad si viene del NE-ENE, suele venir desde el WNW-W-WSW-SW-SSW-S.

8. Clima marítimo

La fuente de información es la boya de Barcelona II de la Red Costera de Boyas, para el régimen medio y extremal del oleaje. Se caracterizan ambos regímenes para aguas profundas, se propagan hasta la bocana Sur del puerto y se estudia su influencia en el interior del puerto.

Con ello se comprueba que las obras estarán bien abrigadas frente al oleaje, no resultando una acción significativa en el cálculo del muelle.

9. Demanda y buques de proyecto

9.1. Oferta actual

Actualmente dispone de 11 grúas de muelle Súper Post Panamax, 54 grúas automatizadas (ASC) y 26 Shuttle Carriers, operando a lo largo de 1.529 metros de muelle con un calado de 16,5 metros. Cuenta con una superficie para el almacenamiento de contenedores de 80 ha con 27 bloques automatizados, así como capacidad para almacenar y monitorizar 1.350 contenedores refrigerados.

Tabla 2. Características de las grúas actuales

Grúas Súper Post Panamax
Fuente de energía: electricidad
Máx. altura total de elevación: 47 m
Máx. altura de elevación sobre carriles: 42 m
Alcance lado mar: 64 m
Distancia entre carriles: 35 m
Capacidad de elevación bajo spreader: 600 kN
Sistema de elevación: telescopic spreader: 20', 40', 2x20', 45'

Posibilidad de spreader twin lift
Cantidad: 11
Proveedor: ZPMC/ABB

9.2. Demanda

La demanda actual de la terminal, indicada en su página web, es de 1.800.000 TEUS/año. No se dispone de ningún aforo por parte de la empresa ni de estimaciones de tráfico futuro. Sin embargo, sí se dispone de los informes estadísticos publicados anualmente por la Autoridad Portuaria sobre el tráfico anual de mercancías y pasajeros. Con estos documentos, pueden analizarse los datos históricos, determinar la tendencia media y tratar de realizar una estimación lo más realista posible del tráfico para los próximos 10 años, en los que se estima la demanda crecerá un promedio de 41.514 TEUs cada año.

9.3. Buques de proyecto

Dados el calado de 16,5 metros, la longitud de muelle disponible que producirán las obras, y la disponibilidad (y futura ampliación en número) de grúas Súper Post Panamax, se tienen condicionantes suficientes para determinar inequívocamente el buque tipo para el proyecto:

Tabla 3. Buque de proyecto

Buque de proyecto	
Tipo de buque	Portacontenedores
Eslora máxima	400 m
Calado máximo	14,5 m
Manga máxima	63,5 m (26 contenedores)
Tonelaje de Peso Muerto (TPM)	200.000 t
Desplazamiento en rosca	55.000 t
Desplazamiento máximo o a plena carga	255.000 t
Área transversal emergida máxima	3.000 m ²
Área longitudinal emergida máxima	18.000 m ²
Capacidad	18.000 TEUs
Ejemplo real: buques Maersk clase Triple E	

10. Estudio de soluciones

Existen diferentes tipologías de obras de atraque, por lo que debe seleccionarse la mejor alternativa. Dicha elección se basa en las indicaciones de la *ROM 2.0-11 Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre*.

De entre las tipologías de obras de atraque existentes, se opta por un muelle, dada la necesidad de una línea de atraque continua y conectada a tierra totalmente. Además, de entre las tipologías de muelles, se va a optar por una obra fija cerrada de gravedad dadas las altas

cargas que tendrá que soportar. Dentro de las obras de gravedad encontramos, a su vez, varias tipologías: de bloques, de hormigón sumergido, de cajones o de otros tipos.

Analizando sus características y estableciendo los criterios a cumplir, se realiza el estudio de soluciones, elaborando una matriz de valoración para las alternativas consideradas.

La solución finalmente adoptada es la de muelle de cajones prefabricados de hormigón armado y aligerados por celdas. Además, un aspecto fundamental tenido en cuenta, es que la parte ya existente del Muelle del Prat se corresponde con esta tipología.

11. Obras de atraque - Estabilidad

Con el objeto de obtener las dimensiones finales del cajón que cumplan los requisitos propuestos en las diversas recomendaciones y normativas aplicables, se realiza la determinación de las acciones que lo solicitarán y la comprobación del cumplimiento de los estados límite considerados con el factor de seguridad adecuado. El cálculo detallado de estabilidad del muelle se encuentra en el anejo correspondiente. Las dimensiones finales resultan de 34,50 x 21,20 x 18,00 metros (eslora x manga x puntal).

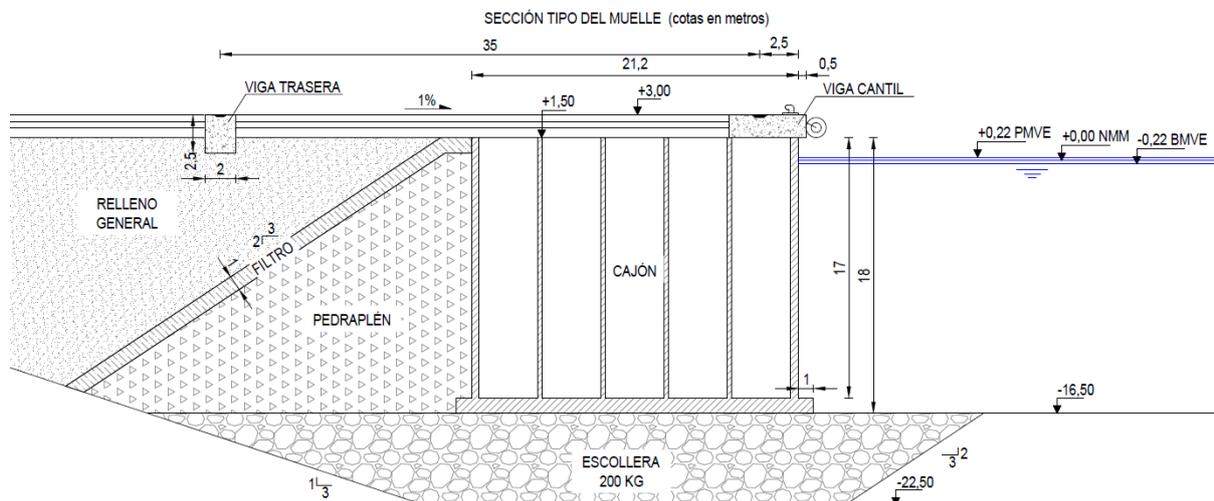


Figura 3. Sección tipo del muelle

12. Obras de atraque - Estructura

Con el objeto de establecer la configuración geométrica definitiva y detallada del cajón, y determinar el armado necesario, se realiza el cálculo estructural basado en lo indicado en el *Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado para obras portuarias* de Puertos del Estado, cumpliendo siempre con las diversas recomendaciones y normativas (como la *EHE-08*) aplicables.

El hormigón empleado en la fabricación de los cajones será HA-35/F/25/IIIb+Qb

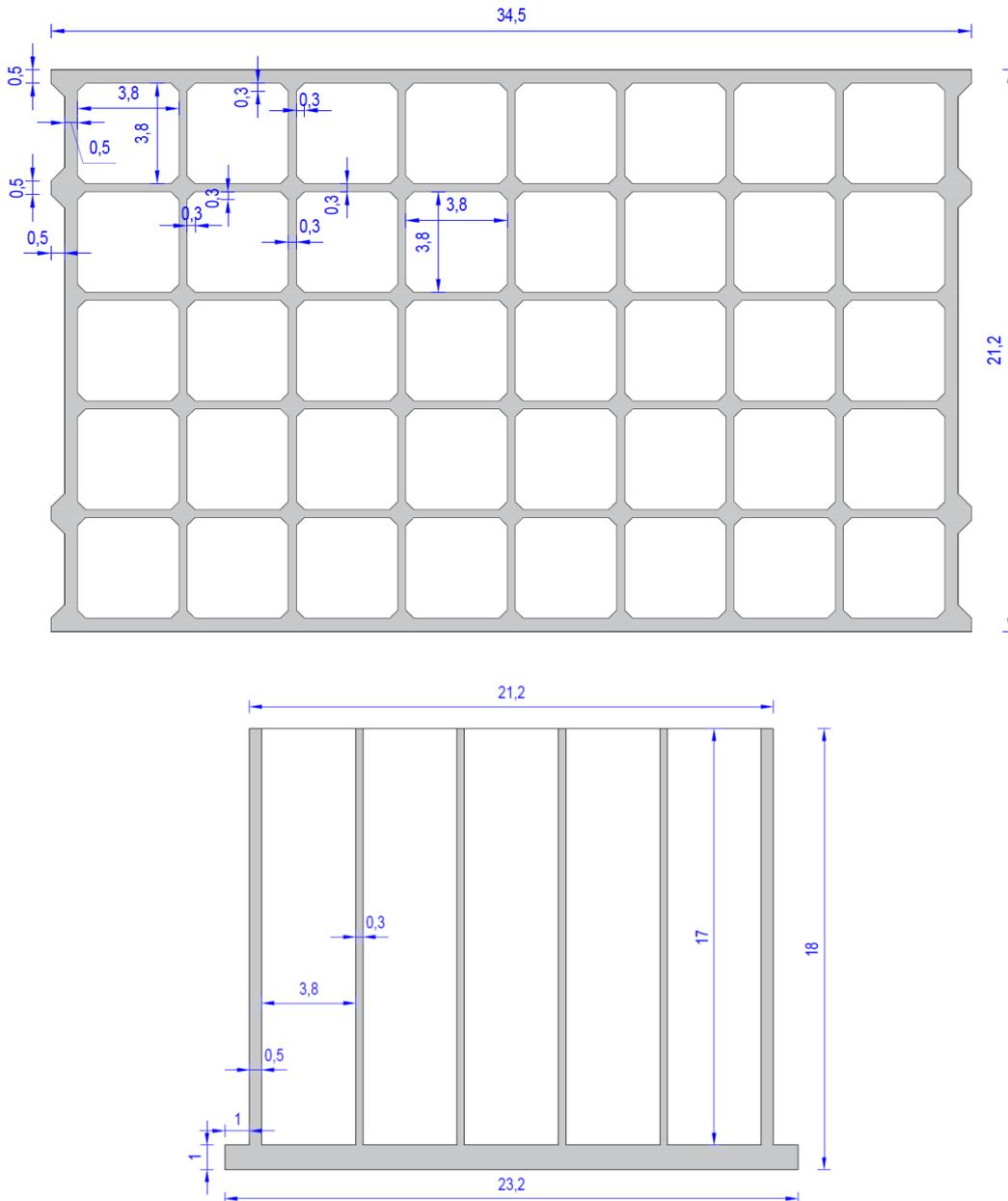


Figura 4. Geometría del cajón

El armado resultante es:

- Paredes exteriores $\text{Ø}20/16\text{cm}$ ($6\text{Ø}20/1\text{m}$)
- Paredes interiores $\text{Ø}20/16\text{cm}$ ($6\text{Ø}20/1\text{m}$)
- Solera y zapatas $\text{Ø}20/9\text{cm}$ ($11\text{Ø}20/1\text{m}$)

13. Firmes

Se realiza el dimensionamiento del firme para la ampliación del muelle, que deberá resistir las solicitaciones provocadas en la manipulación y almacenamiento de contenedores, así como en el tránsito de maquinaria pesada. Para ello se sigue lo propuesto en la ROM 4.1-94 Proyecto y construcción de pavimentos portuarios.

La nueva explanada portuaria se formará mediante el relleno de la zona comprendida en el trasdós del muelle. El material utilizado para dicho relleno procederá del material dragado y de aportación. Una vez concluido el relleno, se procederá a la consolidación de la explanada mediante la aplicación de precargas. Sobre el relleno se dispondrá material seleccionado, zahorras artificiales y un pavimento de hormigón vibrado HP-40.

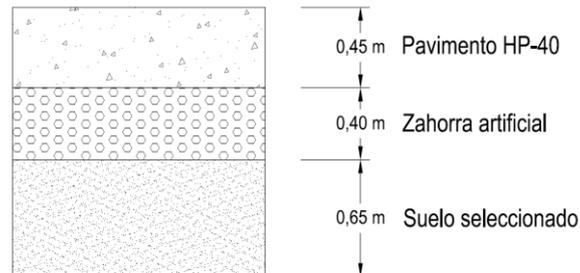


Figura 5. Sección del firme

14. Estudio de maniobrabilidad

Uno de los condicionantes a tener en cuenta, de cara al tamaño de los buques que se quiera atender, es el del espacio disponible y el necesario para las maniobras de reviro en el interior de la dársena, desde que entran al puerto hasta que atracan en el muelle.

Dado que se presupone el uso de remolcadores en cualquier caso, el área necesaria para el buque de proyecto viene definida por:

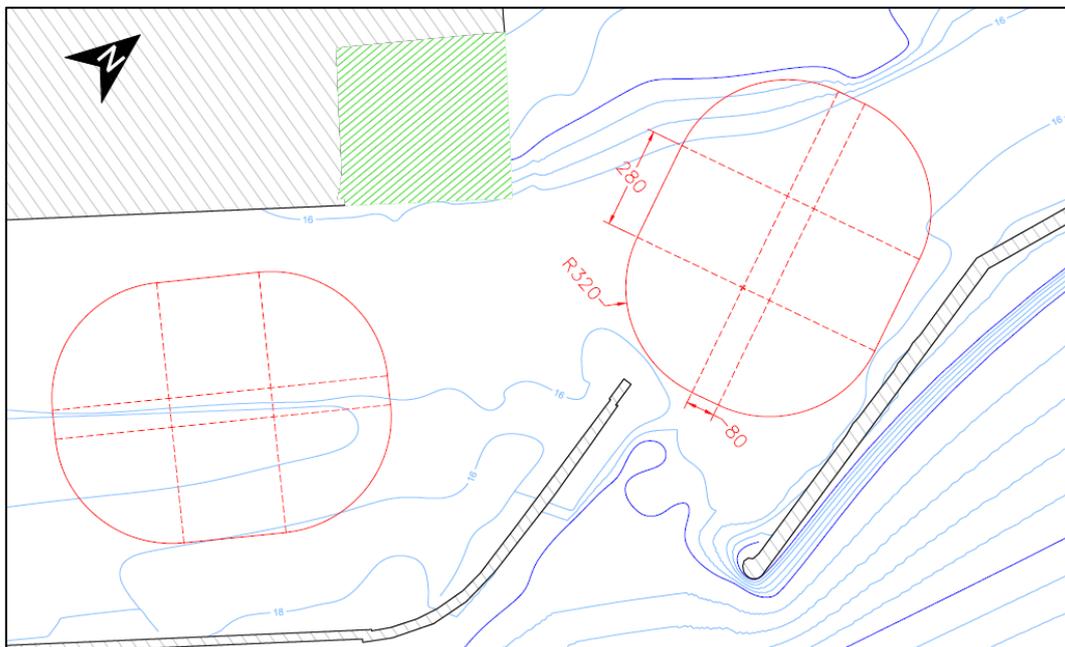


Figura 6. Estudio de maniobrabilidad

Por lo que queda claro que no habrá ningún problema en este sentido.

15. Estudio de capacidad

Se considera solo una de las dos alineaciones de muelle operativa, la NE-SW, en principio, dejando la otra sin medios de manipulación, pero preparada para futuras ampliaciones.

15.1. Capacidad de la línea de atraque

Se calcula la capacidad de la línea de atraque en varios supuestos, variando entre los 266.000 contenedores/año para 1 atraque y espera relativa ϵ de 0,1 y los 5.500.000 contenedores/año para 2 atraques y espera relativa de 0,2.

15.2. Capacidad de almacenamiento

La capacidad del subsistema de almacenamiento queda en 1.000.000 contenedores/año. La superficie disponible es de 13,69 ha. El medio de manipulación que se emplea son puentes-grúa sobre raíles (Rail Mounted Gantry-crane, RMG) de 9 contenedores de ancho y 4 de apilado máximo.

16. Obras de dragado

El dragado resulta necesario por varias razones, entre otras:

- La banqueta de cimentación de los cajones descansará a la cota -22,5 m por lo que es necesario llegar a dicha profundidad para su colocación.
- También es necesario colocar un pedraplén en el trasdós del muelle, abarcando profundidades mayores que las del fondo actual.
- Necesidad de aumento del calado existente debido al tráfico de buques de grandes calados.

Cabe mencionar que, una vez obtenida la batimetría actual del puerto, se observa una falta de dragado (dragado de mantenimiento) del canal de acceso al Muelle del Prat y de la dársena en general.

Se realizarán dos dragados:

- Un primer dragado de limpieza con el objetivo de retirar el material contaminado del fondo marino. El material se trasladará a vertedero.
- Dragado de primer establecimiento, con el objetivo de posibilitar la correcta cimentación de las estructuras previstas. El material se acumulará sobre lo que será la futura explanada del muelle, para poder ser usado como relleno posteriormente.

La draga elegida es del tipo succión estacionaria, lo que se debe a:

- Calado disponible más que suficiente
- Son muy adecuadas para dragar en dársena y rellenar recintos
- Las tuberías de impulsión pueden ir sumergidas, apoyadas en el fondo, por lo que no interfieren con la navegación
- Son muy versátiles en cuanto al tipo de materiales a dragar, aptas por supuesto para el material granular suelto de la zona de actuación

- Necesidad de altos rendimientos y disponibilidad en el mercado de gran número y variedad de modelos de estas dragas, con relativo bajo coste y fácil movilización

El volumen total a dragar es de más de 500.000 metros cúbicos.

Además, el volumen de rellenos necesarios supera con creces el volumen a dragar, por lo que será necesario obtener material de fuentes externas a las obras.

17. Obras complementarias

17.1. Superestructura

Se realizará una viga cantil que permita la instalación de los bolardos, defensas e instalaciones auxiliares para el atraque de los buques, a lo largo de toda la longitud de las alineaciones de muelle. Poseerá un ancho de 5 m y un canto de 1,5 m, y estará formada por hormigón armado HA-35/F/25/IIIa+Qb con armaduras pasivas de acero B500S. Tendrá un voladizo mínimo de 50 cm que permitirá la absorción de las irregularidades que puedan presentarse en el fondeo de los cajones. La coronación estará a la cota +3,00 m. Dispondrá de un cajetín para el alojamiento del carril de los apoyos delanteros de las grúas del muelle, estando su eje situado a 2,5 m del paramento exterior del cajón.

También se realizará la construcción de una viga trasera, con los mismos materiales que la viga cantil, que sirva como soporte de los apoyos traseros de las grúas del muelle. Su eje se sitúa a 35 m del eje del carril de la viga cantil, debido a las características de la grúa de proyecto (considerada la ya existente y operativa). Sus dimensiones son de 2 m de ancho y 2,5 m de canto.

17.2. Servicios, instalaciones y señalización

Se prevé la prolongación de las instalaciones necesarias, ya existentes en el muelle construido, tales como como instalación de red eléctrica, red de abastecimiento y contraincendios, drenaje de aguas pluviales y la instalación de señalización horizontal y vertical, terrestre y/o marítima.

17.3. Equipamiento

Se instalarán diversos equipamientos:

- Bolardos de 300 t cada 25 m
- Defensas tipo C1300/650/300 cada 25 m
- Escalas metálicas, 3 por alineación, 6 en total

18. Estudio de impacto ambiental

Se ha tratado de describir, identificar y valorar el medio y las posibles repercusiones que las obras puedan ocasionar sobre su entorno, así como establecer medidas reductoras, correctoras y/o protectoras frente a los impactos.

Tras la descripción del medio, se identifican los posibles factores ambientales afectados, así como las actividades, tanto en la fase de construcción como en la de explotación, que puedan

provocar esos efectos. Con ello se elabora una matriz de impactos ambientales, en la que se obtiene una valoración de los impactos según su importancia, intensidad y persistencia. Tras ello, se establecen unas medidas a adoptar encaminadas a la reducción de dichos efectos negativos y se elabora un plan de vigilancia ambiental con el objeto de la vigilancia periódica de todos los factores.

19. Plan de obra

El proceso se ha dividido en las fases siguientes:

- Fase 1: Trabajos previos
- Fase 2: Dragados
- Fase 3: Ejecución del muelle
- Fase 4: Explanadas y pavimentos
- Fase 5: Instalaciones y señalización
- Fase 6: Trabajos finales

Siempre acompañadas de:

- Programa de vigilancia ambiental
- Gestión de residuos de construcción y demolición
- Seguridad y salud
- Control de calidad

La duración total de las obras es de 3 años, 2 meses y 12 días.

También se incluye el diagrama de Gantt.

20. Presupuesto

Resumen del presupuesto		
Capítulo	Elemento	Importe
01	Trabajos previos	70.000,00 €
02	Dragados	12.734.264,64 €
03	Fabricación de los cajones	13.657.080,67 €
04	Cimentación de los cajones	7.383.552,00 €
05	Instalación de los cajones	2.420.011,56 €
06	Superestructura	1.280.549,25 €
07	Explanadas y pavimentos	27.299.139,77 €
08	Equipamiento	484.955,40 €
09	Instalaciones y señalización	100.000,00 €
10	Vigilancia ambiental	25.000,00 €
11	Gestión de residuos	170.000,00 €
12	Seguridad y salud	200.000,00 €
13	Control de calidad	50.000,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		65.874.553,28 €

13% Gastos generales	8.563.691,93 €
6% Beneficio industrial	3.952.473,20 €
SUMA PEM + GG + BI	78.390.718,40 €
21% IVA	16.462.050,86 €
PRESUPUESTO	94.852.769,26 €
Asciende el PRESUPUESTO a la expresada cifra de NOVENTA Y CUATRO MILLONES OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTISÉIS CÉNTIMOS	

21. Documentos del proyecto básico

- Documento nº 1: Memoria
 - Memoria
 - Anejo 1: Antecedentes y estado actual
 - Anejo 2: Justificación de las obras
 - Anejo 3: Topografía y batimetría
 - Anejo 4: Geología y geotecnia
 - Anejo 5: Clima
 - Anejo 6: Clima marítimo
 - Anejo 7: Demanda y buques de proyecto
 - Anejo 8: Estudio de soluciones
 - Anejo 9: Obras de atraque - Estabilidad
 - Anejo 10: Obras de atraque - Estructura
 - Anejo 11: Firmes
 - Anejo 12: Estudio de maniobrabilidad
 - Anejo 13: Estudio de capacidad
 - Anejo 14: Obras de dragado
 - Anejo 15: Estudio de impacto ambiental
 - Anejo 16: Plan de obra
- Documento nº 2: Planos
 - Plano 1: Plano general y de situación
 - Plano 2: Planta general del estado actual y batimetría
 - Plano 3: Planta general de las obras proyectadas
 - Plano 4: Estudio de maniobrabilidad
 - Plano 5: Nomenclatura de los cajones y replanteo
 - Plano 6: Sección tipo
 - Plano 7: Alineaciones y perfiles transversales
 - Plano 8: Geometría del cajón
 - Plano 9: Armado del cajón

- Documento nº 3: Presupuesto
 - Presupuesto
 - Mediciones
 - Precios unitarios
 - Valoración económica
 - Resumen del presupuesto

22. Conclusión

Con la información recogida en la presente memoria y su desarrollo en los correspondientes anejos, junto con el resto de documentos e información que acompañan al presente Proyecto básico de la prolongación del Muelle del Prat del Puerto de Barcelona, se concluye que la solución propuesta y desarrollada satisface las necesidades exigidas y cumple con la normativa vigente.

Se estima que el proyecto básico se ha redactado correctamente y que cumple todos los requisitos exigidos por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, por lo que queda a disposición del tribunal para su aprobación definitiva.

Valencia, julio de 2018

El autor: Carmelo Melgarejo Serrano



23. Bibliografía

- Port de Barcelona – www.portdebarcelona.cat
- Delimitación de Espacios y Usos Portuarios del Port de Barcelona – AP Barcelona, 2015
- III Plan Estratégico 2015-2020 – Port de Barcelona
- Ayuntamiento de Barcelona – www.barcelona.cat
- Navionics – www.navionics.com
- Instituto Nacional de Estadística – www.ine.es
- Datos abiertos del Gobierno de España – www.datos.gob.es
- Puertos del Estado. Ministerio de Fomento – www.puertos.es
- Hutchison Ports BEST – www.best.com.es
- Instituto Geológico y Minero de España – www.igme.es
- Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña – www.icgc.cat
- Agencia Estatal de Meteorología – www.aemet.es
- Webarcelona SL – www.webarcelona.net
- Wikipedia. La enciclopedia libre – www.wikipedia.org
- https://www.economiadigital.es/directivos-y-empresas/el-puerto-de-barcelona-reclama-danos-y-perjuicios-por-el-derrumbe-del-muelle-prat_118810_102.html
- <https://ingeoexpert.com/articulo/modos-fallo-geotecnicos-estructuras-gravedad-estado-limite-ultimo-deslizamiento/>
- <http://www.nacionrotonda.com/2014/06/rotura-del-muelle-prat-barcelona.html>
- Diapositivas de las VI Jornadas de Proyectos y Obras: Colapsos y Averías en Obras Portuarias – Puertos del Estado. Valencia, 4 de abril 2014. Gonzalo Gómez Barquín.
- https://www.elconfidencial.com/empresas/2014-03-05/condenadas-seis-constructoras-a-pagar-21-millones-por-el-hundimiento-del-muelle-prat_97381/
- <http://www.cyesmw.com/index.php/project/rehabilitacion-del-muelle-prat-en-el-puerto-de-barcelona/>
- ROM 0.0-01 Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias
- ROM 0.2-90 Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias
- ROM 0.3-91 Recomendaciones para acciones climáticas I: Oleaje
- ROM 0.4-95 Recomendaciones para acciones climáticas II: Viento
- ROM 0.5-05 Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias
- ROM 2.0-11 Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre
- ROM 3.1-99 Recomendaciones para el proyecto de la configuración marítima de los puertos; canales de acceso y áreas de flotación
- ROM 4.1-94 Proyecto y construcción de pavimentos portuarios
- Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado para obras portuarias de Puertos del Estado
- NCSE-02 Norma de Construcción Sismorresistente
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural



- Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre – Comisión Interministerial de estrategias Marinas 2015
- Directiva 2011/92/UE de Evaluación de Impacto Ambiental
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (revisión 31 de mayo de 2013)
- Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas
- Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral
- Ley 12/2006, de 27 de julio, de medidas en materia de medio ambiente
- Ley 20/2009, de 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de las actividades
- Ley 5/1998, de 17 de abril, de puertos de Cataluña
- Decreto 258/2003, de 21 de octubre, de aprobación del Reglamento de desarrollo de la Ley 5/1998, de 17 de abril, de puertos de Cataluña
- Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas de Puertos del Estado