



ASUNTO: PROYECTO CONSTRUCTIVO DEL “MUELLE DE CONTENEDORES DE LA AMPLIACIÓN NORTE DEL PUERTO DE VALENCIA”, DE LA AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA

INFORME DE PUERTOS DEL ESTADO

El presente Informe se emite en virtud del artículo 18.1.e) del Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre (BOE de 20 de octubre de 2011), por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, que establece entre las funciones que competen al Organismo Público Puertos del Estado, la de emitir informe vinculante sobre los proyectos que presenten características singulares desde el punto de vista técnico o económico, con carácter previo a su aprobación por las Autoridades Portuarias.

1. ANTECEDENTES

1.1 Identificación del proyecto.

Las obras correspondientes al proyecto que se informa están incluidas en el Plan de Inversiones 2021-2025 de la Autoridad Portuaria de Valencia (APV) bajo la línea de inversión denominada '*Obras Plan Director Valencia. Terminal Norte y Dragado (vinculado al otorgamiento de una concesión)*'; el importe previsto para esta actuación asciende a 397.000.000 €. El presupuesto de inversión del proyecto que se informa se eleva a 448.507.561,30 €. Las obras correspondientes al proyecto no cuentan con financiación procedente de fondos europeos.



El proyecto está redactado por el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Rafael Ramos Fueris, de la empresa consultora *TYPSA*, bajo la dirección de D. Marcelo Burgos Teruel, Jefe de Infraestructuras de la APV, y se remitió a Puertos del Estado el día 2 de diciembre de 2021. Con fecha 3 de diciembre de 2021 la APV remite a PdE un estudio de la rentabilidad económico financiera de la actuación. Con fecha 21 de enero de 2022 la APV remite a PdE el Pliego de Bases Técnicas de la contratación. Finalmente, con fecha 7 de marzo de 2022 la APV remite a PdE un ejemplar actualizado del anejo a la memoria nº31, elaborado por la empresa consultora *HIDTMA* en diciembre de 2021.

1.2. Requerimientos previos de demanda.

La APV tiene como uno de sus objetivos principales el promover la puesta a disposición de una nueva terminal pública de contenedores en el puerto de Valencia, innovadora, flexible y sostenible, que responda a los tráficos previstos a medio y largo plazo, identificados en el *Informe de Diagnóstico del Entorno y Posición Competitiva* (Estudio de Demanda) realizado previamente, en aras de procurar un servicio eficiente y de calidad para los clientes del puerto, tal como corresponde a las políticas de transporte a nivel nacional y europeo.

Dicha terminal permitirá operar a los mayores buques de última generación, siendo capaz de atender, tanto tráficos de importación y exportación, como de transbordo, de forma que resulte altamente competitiva en el transporte marítimo de contenedores a nivel nacional e internacional. Esta actuación promoverá asimismo la mejora de la competencia entre el resto de las terminales del propio puerto, lo cual redundará positivamente sobre sus usuarios.

Este proyecto responde a una necesidad ya planteada y analizada en el Plan Director redactado anteriormente por la APV, el cual ha sido adecuado a las circunstancias de hoy en día, en función de las diferencias que se han producido respecto de lo previsto



inicialmente, sobre todo respecto de la evolución de los portacontenedores. En particular, las diferencias respecto de la previsión inicial atañen a:

- Incremento de la capacidad de los buques máximos de diseño, que pasan de 11.000 TEU a 24.000 TEU.
- Incremento de la anchura de la terminal, que pasa de los 500 – 525 m adoptados inicialmente, hasta unos 700 m, lo que permitirá incluir un área de intercambio con el ferrocarril.

La solución desarrollada en el proyecto que se informa, que tiene en cuenta los aspectos indicados, corresponde a una nueva configuración en la que la terminal de contenedores se ubica en el lado Norte de la dársena, adosada al dique de abrigo existente. Con esta solución se genera una única alineación del muelle de contenedores de 1.970 m de longitud con 20 m de calado, así como unas 137 Ha de explanada para la nueva terminal (1.970 m x 700 m de anchura), cumpliendo de este modo los requerimientos de la oferta presentada al concurso de explotación de la terminal, en particular en lo que se refiere a la posibilidad de automatizar su operativa.

1.3. Estudios previos.

- Rentabilidad económico-financiera.

La APV ha remitido a PdE un estudio de la rentabilidad económica y financiera de la actuación, denominado “*Feasibility Study New Container Terminal Valencia Port*”, redactado en abril de 2018 por las consultoras *DYP Ingeniería* y *MTBS (Maritime and Transport Business Solutions)*, siguiendo al efecto la metodología MEIPOR de PdE.

Para la definición del nuevo proyecto de la terminal de contenedores, se hace una distinción entre la situación CON proyecto de la situación SIN proyecto para la Autoridad Portuaria de Valencia (APV) y para el nuevo operador de la terminal (OT). La diferencia entre las dos situaciones es el tráfico incremental generado por la implementación del proyecto de la terminal de contenedores.



A su vez, se analizaron tres casos posibles:

- Caso A: la terminal existente de operadores MSC / TIL se convierte en operador de la terminal Norte;
- Caso B: la terminal existente de operadores APMT se convierte en operador de la terminal Norte; y
- Caso C: un nuevo Operador de la Terminal independiente se convierte en operador de la terminal Norte.

El estudio, realizado para una vida útil de la inversión de 33 años¹, concluye en la siguiente rentabilidad financiera del proyecto para la APV: para una tasa de descuento del 3%, el valor actual neto financiero es de 338 M€ (caso A), 302 M€ (caso B) y 269 M€ (caso C) y la tasa interna de rentabilidad del 6.9%, 6.5% y 6.2%, respectivamente. Por su parte, la rentabilidad económica de la inversión se estima en un valor actual neto de 6.601 M€ (caso A), 6.836 M€ (caso B) y 6.078 M€ (caso C) para una tasa social de descuento del 3.5%, arrojando una tasa interna de rentabilidad económica del 34.3%, 34.5% y 30.9%, respectivamente.

El estudio garantiza pues la viabilidad financiera del proyecto, destacando lo siguiente:

- el VAN y el TIR más alto para la APV se obtiene al implementar el caso A (TIL);
- el VAN e TIR más bajo para la APV se obtiene para el caso C (operador independiente);
- el estudio también comprueba la viabilidad financiera para el operador en los tres casos analizados;
- la rentabilidad económica resulta elevada al haber incluido las externalidades del proyecto y los resultados económicos tanto para APV como para el OT y para el consumidor.

¹ En particular, incluye el periodo 2024-2057, pues es a partir de 2024 cuando se prevé comenzar a explotar comercialmente la nueva terminal.



- Medio físico.

Se han realizado los siguientes estudios relativos al medio físico para la redacción del proyecto:

- Batimetría y topografía: el proyecto incluye una planta del estado actual de la ampliación norte con una batimetría de toda la dársena con isobatas cada 0.5 m. Asimismo, incluye un informe topográfico del dique Norte y faro.
- Geotecnia: para la caracterización de las condiciones del terreno se han considerado las conclusiones de varias campañas anteriores y particularmente las conclusiones derivadas de la *“Campaña de reconocimiento Geotécnico y Arqueológico Subacuático para el desarrollo del Proyecto Constructivo del Muelle de Contenedores de la Ampliación Norte del Puerto de Valencia. Documento 2. Estudio geotécnico”* redactado por BAC, INTERCONTROL y ENSAYA en diciembre, 2020.
- Clima marítimo: el estudio de clima incluye regímenes medios y extremales de vientos y oleaje a partir de datos WANA y SIMAR. Está redactado por la consultora DYP en marzo, 2019.

- Funcionalidad / operatividad.

Los trabajos referidos a funcionalidad y operatividad redactados con motivo del proyecto que se informa son los siguientes:

- Análisis de maniobras: El *“Estudio de maniobra de grandes buques portacontenedores en la nueva terminal de contenedores de la dársena norte del Puerto de Valencia”* (CEPYC-CEDEX) se divide en las siguientes partes:
 - Informe 1ª parte. Tomo I: Espacio ocupado en planta. Mayo 2020.
 - Informe 1ª parte. Tomo II: Simulación de maniobras en la configuración del Anteproyecto de la APV. Julio 2020.



- Informe 2ª parte. Tomo único: Simulación de maniobras en la nueva configuración de la dársena de la Ampliación Norte. Noviembre 2020.
- Agitación interior y operatividad: los estudios, llevados a cabo en el CEPYC-CEDEX, han sido los siguientes:
 - “Estudio de agitación en modelo numérico en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte para la determinación de la longitud óptima de la prolongación del dique exterior de abrigo. Puerto de Valencia. Estudio de Agitación y Operatividad” (noviembre, 2019).
 - “Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados en la nueva terminal de contenedores de la dársena norte del puerto de valencia” (diciembre, 2019).
 - “Estudio de agitación en modelo numérico en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte para la determinación de la longitud óptima de la prolongación del dique exterior de abrigo. Puerto de Valencia. Nota Técnica. Modificación de las cotas de dragado en el interior de la dársena norte y en el canal de acceso. Estudio de Agitación y Operatividad.” (junio, 2020).

En el primer estudio se mantiene la planta definida en el Anteproyecto realizado en el año 2018, valorándose diferentes variantes relativas a la configuración de las obras de abrigo, al objeto de optimizar la solución a desarrollar; por su parte, el modelo físico analiza la agitación y operatividad teniendo en consideración la solución definida como óptima en el modelo numérico anterior. El segundo estudio en modelo numérico que se ha llevado a cabo recoge las variaciones con relación a las cotas de dragado en el interior de la dársena y el canal de acceso que se incluyeron en la Adenda al Anteproyecto, llevada a cabo durante el año 2020. Se trata, por tanto, de una actualización del primer modelo numérico para adaptarlo a la planta definitiva.



- Sostenibilidad ambiental.

La Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente emitió Resolución en fecha 30 de julio de 2007, por la que se formulaba Declaración de Impacto Ambiental del proyecto «Ampliación del puerto de Valencia».

La memoria del proyecto que se informa incluye un anejo denominado 'Necesidad de sometimiento al procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada del proyecto constructivo del muelle de contenedores de la ampliación Norte del puerto de Valencia', suscrito por la consultora *HIDTMA* en diciembre de 2021, en el cual se concluye que las distintas modificaciones introducidas en el proyecto que se informa respecto del proyecto original evaluado ambientalmente en su día no tienen efectos sobre el medio ambiente adicionales a los ya considerados en la citada Resolución, por lo que no se dan ninguno de los supuestos establecidos en la letra c) del apartado 2º del artículo 7 de la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, que implicarían la necesidad de sometimiento a un nuevo procedimiento ambiental.

En particular, los aspectos analizados en el citado documento de *HIDTMA* para concluir la no necesidad de sometimiento del proyecto a un nuevo procedimiento ambiental son los siguientes:

- Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera.
- Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.
- Un incremento significativo de la generación de residuos.
- Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales.
- Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
- Una afección significativa al patrimonio cultural.

Concretamente, según este documento, la solución planteada en el proyecto bascula, como elemento relevante, sobre la reutilización completa de los materiales procedentes del desmontaje o demolición de las infraestructuras ya existentes, lo que



evita la generación de residuos, además de minimizar la necesidad de extraer nuevos recursos naturales por este concepto. Asimismo, este estudio realiza un análisis sobre los efectos de dispersión y sedimentación de finos en el entorno del proyecto por efecto de los dragados a llevar a cabo, estimando que los mismos serán prácticamente inapreciables, por lo que concluye que no se va a producir un incremento en la dispersión de los materiales finos que afecte a los espacios protegidos ubicados en el entorno del puerto.

En todo caso, se hace constar que la Autoridad Portuaria de Valencia, en su calidad de promotor y órgano sustantivo de la actuación, deberá emitir certificación de que el proyecto no requiere someterse a un nuevo procedimiento ambiental, con carácter previo a la aprobación del mismo.

- Fiabilidad estructural.

Se han realizado los siguientes estudios relativos a fiabilidad estructural:

- Cálculos de estabilidad: la consultora *TYPSA* ha realizado los cálculos de estabilidad, tanto por métodos analíticos como numéricos, correspondientes a las secciones del muelle de contenedores y de los muelles auxiliares, así como las comprobaciones de estabilidad de las estructuras afectadas (diques de abrigo de la ampliación Norte de Valencia y diques y muelles de Sagunto, tras el dragado).
- Cálculos estructurales: la consultora *TYPSA* ha realizado los cálculos estructurales de los cajones del muelle de contenedores y de los muelles auxiliares, así como de las correspondientes vigas cantil. También ha realizado los cálculos estructurales de los sistemas de sostenimiento provisionales.

1.4. Normas y recomendaciones técnicas aplicables.

- Generales.
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural.



- NCSR-02 Norma Sismorresistente.
- EAE-12. Instrucción de Acero Estructural.

- Específicas del ámbito portuario.
 - ROM 0.0 Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias. Parte I.
 - ROM 1.0-09 Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo (Parte 1ª. Bases y factores para el proyecto. Agentes climáticos).
 - ROM 2.0-11 Diseño y ejecución en Obras de Atraque y Amarre: Criterios generales y Factores del Proyecto.
 - ROM 3.1-99 Configuración marítima de los puertos: canales de acceso y áreas de flotación.
 - ROM 0.5-05 Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias.
 - ROM 4.1-18 Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios.
 - Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado para obras portuarias. Puertos del Estado, 2006.

2. OBJETO DEL PROYECTO

La actuación cuyo proyecto se informa tiene por objeto la mejora de la competitividad del puerto de Valencia en tráficos de mercancía contenerizada, mediante la ejecución de una nueva terminal de contenedores que completa la ampliación Norte del puerto, ubicada en el lado Norte de la dársena, adosada al dique de abrigo existente. En particular, se genera un muelle de contenedores de 1.970 m de longitud con 20 m de calado, así como unas 137 Ha de explanada para la nueva terminal.



3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

La zona de actuación se localiza en la dársena norte del puerto de Valencia y esencialmente supone la construcción de las infraestructuras necesarias para la creación de una terminal de contenedores de 137 ha de superficie y 1.970 m de línea de atraque con 20 m de calado. Además, se construirán sendos muelles auxiliares en dos alineaciones de 315 m (alineación 1) y 405 m (alineación 2), ambas con 14 m de calado, ubicadas al oeste de la dársena.

Para dotar a la dársena de los calados necesarios que permitan el acceso al nuevo muelle del mayor buque de diseño, y para obtener el volumen de material necesario para la formación de los futuros rellenos de la terminal, se realizan dragados a distinta profundidad en la dársena (-24 m) y en el antepuerto (-28 m).

Previamente a estas obras, el proyecto incluye la retirada del contradique Norte y las motas emergida y sumergida que se ubican actualmente en la dársena. También incluye la demolición de estructuras y retirada de instalaciones y materiales del muelle de cruceros existente, así como el reflote de 11 cajones de los 16 que lo forman. Estos se fondearán posteriormente para formar los muelles auxiliares.

Adicionalmente, el proyecto incluye la actuación necesaria para la reposición de la protección del talud del dique del Este, al quedar desprotegido en la situación futura por la retirada del contradique actual. También incluye la actuación en el talud del dique Norte para asegurar su estabilidad frente a los calados necesarios en la dársena.

En síntesis, las principales obras incluidas en el proyecto que se informa son las siguientes:

1. Desmontaje del contradique Norte, incluyendo la retirada y reutilización de su manto de bloques, de su manto de escollera y de su núcleo de todo uno, junto con la demolición de espaldones y pavimentos.



2. Desmontaje de los muelles de cruceros y reaprovechamiento de todos los materiales que los componen, incluyendo el reflote y reutilización de los cajones de hormigón armado existentes. Se rebajará la rasante de su explanada adosada y de la explanada de autobuses hasta la cota +1,93 m, cota uniforme a la que se entregarán todos los rellenos de las obras.
3. Retirada del material todo uno que conforma las actuales motas provisionales de contención de rellenos, que cuentan con una longitud acumulada de unos 850 m en su tramo emergido (cota +1 m) y de otros 400 m en su tramo sumergido (cota -6,50 m).
4. Construcción del nuevo muelle de contenedores de cajones de hormigón armado, en una única alineación de 1.970 m de longitud y con un calado de 20 m. El cajón tipo tiene unas dimensiones de 53,25 m de eslora, 21,0 m de puntal y 19,175 m de manga en el fuste y 2 m más en la base. Interiormente se conforma con celdas circulares de 3,5 m de diámetro. Se cimentará sobre una banquetta de escollera de 2,50 m de espesor, precisando un tratamiento previo de mejora del terreno de cimentación que se ejecutará mediante *jet-grouting*.
5. Construcción de los nuevos muelles auxiliares, en dos alineaciones de 315 m y 405 m de longitud con un calado de 14 m, también cimentados sobre una banquetta de escollera, previo tratamiento del terreno de cimentación *con jet-grouting*. Para su construcción se reaprovecharán 11 cajones reflotados del actual muelle de cruceros.²
6. Sistema de sostenimiento del dique Norte en el encuentro con la alineación 2 de los muelles auxiliares. Para poder aproximar lo más posible los nuevos cajones sin desestabilizar el antiguo dique³, se ha diseñado una pantalla de

² Los primeros 2 cajones de la alineación 1 serán de nueva ejecución y con la geometría de los del muelle de contenedores para asegurar el calado en el atraque del buque portacontenedores

³ Construido entre 1925 y 1928 con cajones de hormigón "in situ" cimentados a la cota -7,50 m.



pilotes de diámetro 2,0 m, que alcanzan la cota -30 m. La pantalla tiene una longitud de 73,2 m y consiste en 28 pilotes con una distancia entre ejes de 2,6m.

7. Sistema de sostenimiento provisional de las explanadas de contenedores existentes durante el dragado y fondeo de los cajones de los muelles auxiliares. El sostenimiento provisional se proyecta mediante tablestacas en dos alineaciones: la alineación Norte, colindante con el vial perimetral de la concesión Norte; y la alineación Oeste, paralelo al borde de la concesión Oeste.
8. Dragado en la dársena de la ampliación Norte y en su antepuerto, hasta calados en las cotas -24 y -28 m, respectivamente, para permitir el acceso al nuevo muelle del buque de cálculo y para optimizar el balance de necesidades de relleno-vertido. Todo el material dragado será vertido dentro del puerto, en la zona de relleno para la formación de las explanadas.
9. Dragado en la dársena y antepuerto del puerto de Sagunto, para completar las necesidades de relleno.
10. Dragado de préstamo marítimo en el banco de arenas situado al Sur del puerto de Valencia, para completar las necesidades de relleno.
11. Aportación de material terrestre desde otras procedencias, para completar las necesidades de relleno.
12. Generación de nuevas explanadas adosadas a los nuevos muelles rellenando hasta la cota +1,93 m. La explanada del muelle de contenedores será consolidada haciendo uso de precargas con mechas drenantes.⁴

⁴ El proyecto no incluye la sección de pavimento sobre la explanada ganada.



13. Adecuación del dique Norte al nuevo calado que tendrá la dársena, incluyendo el retranqueo de la cimentación del faro y de su antiguo manto de protección (hoy ya innecesario), para facilitar la maniobra de los buques.
14. Restitución de la protección de un tramo del dique del Este que fue retirada tras la ejecución del contradique.
15. Otros: equipamiento de los muelles, tomas de agua y conexión eléctrica en vigas cantil, así como elementos para anclaje y fijación de grúas y canaletas para carriles y cables de grúas, drenaje, balizamiento marítimo, servicios afectados, reposiciones, instrumentación de las precargas, etc.

El volumen total de relleno requerido para la ejecución de las obras recogidas en el proyecto asciende a unos 25.5 Mm³, cuya procedencia está previsto que sea la siguiente:

- Del dragado en la ampliación Norte de Valencia: 14 Mm³.
- Del dragado en el puerto de Sagunto⁵: 6 Mm³.
- De excavaciones de la propia obra: 1 Mm³.
- Del dragado de préstamo marítimo⁶: 2.5 Mm³.
- De excavaciones de obras de la ciudad de Valencia: 2 Mm³

No obstante, el volumen citado de dragado en el puerto de Sagunto tiene el carácter de mínimo, de forma que, incrementado, puede compensar el balance de materiales que se precise (caso de que fallase alguno de los dos últimos orígenes citados), ya que

⁵ Con dragado de dársena y antepuerto hasta la cota -25 m.

⁶ En caso de resultar necesario, se contempla en el proyecto la posibilidad de la aportación del material rechazado de un yacimiento de arenas en una parcela marítima a unas 17 millas náuticas del puerto de Valencia, frente a la costa de Cullera (Valencia). Estas arenas tienen un uso previsto para regeneración de playas, pero están cubiertas por una capa de material excesivamente fino para tal fin, que podría utilizarse para formación del relleno en las obras. Obviamente, su utilización depende de terceros (ie. de que la DGCostas licite la explotación del yacimiento).



el dragado de Sagunto podría alcanzar los 9.5 Mm³ si su antepuerto se draga a la -30 m en lugar de a la -25 m.

4. VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DOCUMENTAL DEL PROYECTO

El proyecto que se informa está completo en todos sus documentos preceptivos:

- Memoria y anejos

La memoria del proyecto incluye una justificación del mismo, así como una descripción detallada de las obras proyectadas.

Los anejos a la memoria incluyen los estudios de medio físico realizados (batimetría, geotecnia, clima marítimo), los estudios de funcionalidad y operatividad (maniobras de buques y agitación), los cálculos del proyecto (verificación de la estabilidad de cada sección del muelle y de estructuras próximas a los dragados, cálculos estructurales de los cajones y de las vigas cantil, consolidación de los rellenos), además de otros anejos preceptivos (gestión de residuos, estudio arqueológico, plan de vigilancia ambiental, justificación de precios, programa de obras, estudio de seguridad y salud etc.)

- Planos

El proyecto que se informa consta de 47 hojas de planos agrupadas en 22 capítulos, en los cuales quedan suficientemente detallados todos los elementos proyectados.

- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

En los diferentes artículos del Pliego se definen con suficiente detalle las distintas unidades de obra, describiendo los materiales a emplear, la forma de ejecución y la medición y abono de las mismas.



- Presupuesto

El documento de presupuesto consta de mediciones, cuadros de precios nº1 y nº2, presupuestos parciales por capítulos y presupuesto general de las obras, que asciende a 448.507.561,30 € de inversión, lo que supone un presupuesto de licitación de 542.694.149,17 €, IVA incluido.

5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PROYECTO

- Capacidad

La actuación contenida en el proyecto que se informa genera un muelle de contenedores de 1.970 m de longitud total con 20 m de calado, con capacidad para acoger simultáneamente 4 puestos de atraque de portacontenedores *Megamax* de 430 m de eslora. Genera asimismo una explanada adosada a dicho muelle de unas 137 Ha (1.970 m x 700 m de anchura), la cual permitirá incluir las áreas de operación y almacenamiento de contenedores, así como un área de intercambio con el ferrocarril.

Conforme al “*Feasibility Study New Container Terminal Valencia Port*”, redactado en abril de 2018 por las consultoras *DYP Ingeniería* y *MTBS (Maritime and Transport Business Solutions)*, los tráfico que deberá atender la futura terminal de contenedores resultan de entre los siguientes valores asociados a las hipótesis de máximo tráfico de importación y exportación, y mínimo tráfico de transbordo, y a la inversa:

Tráfico (MTEU) Año:	2024	2025	2026	2027	2030	2040	2055
Import-Export Mín.	--	0.3	0.7	1.0	1.1	1.3	1.8
Transbordo Máx.	0.1	0.8	1.4	2.1	2.3	2.9	3.1
Total	0.1	1.1	2.1	3.1	3.4	4.2	4.9
Import-Export Máx.	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	3.2
Transbordo Mín.	0.9	1.5	2.0	2.6	2.6	2.3	1.7
Total	2.1	2.9	3.6	4.4	4.6	4.7	4.9



El citado estudio de viabilidad incluye asimismo un análisis de la capacidad de la nueva terminal, concluyendo que la misma quedará limitada por la longitud total de muelle y no por las áreas de depósito u otros factores. De acuerdo con ello y considerando que, en base a mejoras tecnológicas y de los equipos, puedan alcanzarse ratios de movimientos de 2.500 TEU anuales por metro de muelle, próximos a los valores más elevados que se dan en la actualidad, se obtiene una capacidad de la terminal de 4.925.000 TEU/año, ajustada por tanto a los tráficos totales anteriormente indicados.

- Funcionalidad

El proyecto incluye el “*Estudio de maniobra de grandes buques portacontenedores en la nueva terminal de contenedores de la dársena norte del Puerto de Valencia*” (CEPYC-CEDEX), el cual a su vez se divide en las siguientes partes:

- Informe 1ª parte. Tomo I: Espacio ocupado en planta. Mayo 2020.
- Informe 1ª parte. Tomo II: Simulación de maniobras en la configuración del Anteproyecto de la APV. Julio 2020.
- Informe 2ª parte. Tomo único: Simulación de maniobras en la nueva configuración de la dársena de la Ampliación Norte. Noviembre 2020.

Los buques analizados en las simulaciones han sido, por un lado, el buque de cálculo de proyecto, denominado “*Megamax*”, un portacontenedores de 430 m de eslora, 16 m de calado y 24.000 TEU de carga máxima; acompañando al *Megamax* se han simulado dos buques portacontenedores representativos de los que actualmente recalán en el puerto de Valencia: el denominado “*Buque 2*”, con 328 m de eslora, 14.6 m de calado y 11.000 TEU, y el denominado “*Buque 3*”, éste representativo de los de mayor porte que operan en la actualidad, con una eslora total de 398 m, 15.5 m de calado y una capacidad de carga máxima de en torno a los 16.000 TEU.

En el estudio se han considerado dos posiciones de atraque, que son las dos situaciones más desfavorables desde el punto de vista de la dificultad de la maniobra.



Se trata del atraque interior (puesto 4), donde la agitación es mayor, y atraque exterior (puesto 1), menos protegido frente a la acción directa del oleaje. En las maniobras se han considerado dos orientaciones del buque atracado (babor y estribor), tanto para los accesos como para las salidas. El resto de los atraques (puestos 2 y 3) se encuentran ocupados por un buque de las mismas dimensiones que el *Megamax*, representando así un escenario de alta ocupación del muelle, circunstancia más exigente para las maniobras.

La síntesis de los resultados obtenidos con la planta definitiva adoptada en el proyecto de la terminal es el siguiente:

- Resguardos en alzado. El calado mínimo que permite la maniobra del buque *Megamax* conforme lo establecido en el estudio de maniobras es la batimétrica -18.50 m.
- Resguardos en planta. De acuerdo con lo establecido en los estudios de maniobras del CEDEX, se garantiza que la envolvente de la maniobra no rebasa el límite navegable, manteniéndose a una distancia de al menos una manga de este y que el área ocupada por los remolcadores se mantiene siempre dentro del límite navegable.
- El espacio en dársena es suficiente en todas las simulaciones realizadas, siendo la maniobra más restrictiva la correspondiente a la navegación atrás durante la salida del buque *Megamax* a su paso por dique Norte, asegurándose en todas las maniobras una distancia de una manga respecto a dicho punto.
- Los remolcadores han dispuesto de suficiente espacio para la asistencia a los buques durante todas las maniobras.
- En todas las maniobras realizadas, queda una reserva de medios tanto del propio buque como de los remolcadores.
- Máxima altura de ola de acceso al puerto. La máxima altura de ola es de $H_s = 2,0$ m, debido a la dificultad y riesgo de que los prácticos puedan embarcar, y por limitaciones de los remolcadores con valores superiores.



- Condiciones climáticas límite para las maniobras. Las condiciones límite recomendables para la realización de las maniobras son $H_s = 2,0$ m y velocidad de viento $v = 25$ nudos.
 - Durante el amarre se ha observado que el espacio disponible es muy limitado, considerando el resto de atraques también ocupados por buques de similares características (*Megamax*).
- Operatividad

El proyecto incluye los siguientes estudios, llevados a cabo en el CEPYC-CEDEX:

- “Estudio de agitación en modelo numérico en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte para la determinación de la longitud óptima de la prolongación del dique exterior de abrigo. Puerto de Valencia. Estudio de Agitación y Operatividad” (noviembre, 2019).
- “Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados en la nueva terminal de contenedores de la dársena norte del puerto de Valencia” (diciembre, 2019).
- “Estudio de agitación en modelo numérico en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte para la determinación de la longitud óptima de la prolongación del dique exterior de abrigo. Puerto de Valencia. Nota Técnica. Modificación de las cotas de dragado en el interior de la dársena norte y en el canal de acceso. Estudio de Agitación y Operatividad.” (junio, 2020).

En el primer estudio se mantiene la planta definida en el Anteproyecto realizado en el año 2018, valorándose diferentes variantes relativas a la configuración de las obras de abrigo, al objeto de optimizar la solución a desarrollar; por su parte, el modelo físico analiza la agitación y operatividad teniendo en consideración la solución definida como óptima en el modelo numérico anterior. El segundo estudio en modelo numérico que se ha llevado a cabo recoge las variaciones con relación a las cotas de dragado en el interior de la dársena y el canal de acceso que se incluyeron en la Adenda al



Anteproyecto, llevada a cabo durante el año 2020. Se trata, por tanto, de una actualización del primer modelo numérico para adaptarlo a la planta definitiva.

Los resultados obtenidos en los estudios citados se sintetizan a continuación⁷:

- Las excedencias medias obtenidas en las zonas de atraque analizadas para la altura de ola umbral $H_s = 0.3$ m, recomendada por las ROM 3.1-99 y 2.0-11 como límite para las operaciones de carga y descarga de los buques, se encuentran por debajo de los valores recomendados.⁸
- Los resultados de los ensayos de comportamiento de buque amarrado muestran en todas las zonas de atraque un nivel de operatividad superior al 99% recomendado para este tipo de terminales en la ROM 2.0-11, tanto si se evalúa dicha operatividad en base a los movimientos admisibles de los buques propuestos por la ROM, como por el PIANC. Los resultados de operatividad también están dentro de la recomendación de la ROM 3.1-99, en la que se recoge la idoneidad de no exceder una inoperatividad de 200 h/año.

El proyecto incluye además un anejo específico de buque amarrado, desarrollado por la consultora *Siprot21*. Para la realización del estudio se ha empleado el modelo numérico *ship-moorings*, de *Alkyon-Arcadis*, que permite reproducir el comportamiento dinámico de un buque atracado bajo la acción combinada de viento, oleaje y corriente.⁹

Los resultados obtenidos de dicho estudio concluyen que la operatividad del muelle proyectado resulta aceptable conforme a los límites recomendados en ROM 3.1-99.¹⁰

⁷ Se observa que los resultados no difieren significativamente en términos de agitación y operatividad entre los dos modelos numéricos realizados.

⁸ Se exceptúan las excedencias obtenidas en la zona 1 en los ensayos en el primer modelo numérico, en la que dicha excedencia, de unas 207.4 h/año, puede resultar ligeramente elevada.

⁹ Se subraya que los ensayos en modelo físico realizados en el CEDEX antes analizados no consideran la acción del viento sobre los buques. Este aspecto puede resultar de importancia en este caso, dada la elevada superficie expuesta al viento que presentan los buques portacontenedores. El efecto conjunto de viento y oleaje se evalúa pues mediante el estudio en modelo numérico citado (*ship-moorings*).

¹⁰ Estrictamente, la inoperatividad del muelle obtenida es del 2,7% (≈ 236 h/año), ligeramente por encima de la recomendada en ROM para un muelle de las características del considerado.



Finalmente, el proyecto incluye una estimación de la operatividad de las vías de navegación, realizado por la consultora *DYP*. Los resultados del mismo indican que la excedencia obtenida es de 363 h/año, adecuada para una ocupación de las áreas de navegación igual o inferior al 22%.¹¹

Se hace constar que los resultados de operatividad indicados en el proyecto y resumidos en el presente informe, se corresponden con los buques portacontenedores grandes, antes citados (24.000, 16.000 y 11.000 TEU), no habiéndose analizado el comportamiento de los atraques para buques pequeños.¹²

- Sostenibilidad

El proyecto incluye un Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) con la finalidad de definir las medidas de prevención y protección del medio ambiente durante la ejecución de las obras. Este PVA se ha elaborado a partir de los siguientes documentos:

- Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la ampliación del Puerto de Valencia (*HIDTMA*, abril de 2006), el cual contiene un apartado con el PVA, previo a la aprobación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).
- DIA, aprobada por Resolución de fecha 30 de julio de 2007 de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente. En ella se aprueba el PVA tras la fase de información pública y consultas a las distintas entidades sobre el EIA, y se integran algunas de las alegaciones emitidas.

No obstante, este resultado se considera aceptable dadas las condiciones conservadoras adoptadas en todas las variables adoptadas en el estudio de *ship-moorings*.

¹¹ Según datos disponibles de estudios anteriores, dicha ocupación podría estar en el entorno del 16-24%.

¹² El ensayo en modelo físico no pudo concluirse para los buques pequeños debido a la grave avería acaecida en la nave de ensayos del CEPYC en enero de 2021.



Las principales medidas que recogen ambos documentos para un correcto seguimiento ambiental durante la fase de obra son:

- Evolución de la playa de la Malvarrosa, así como de las playas del sur del puerto
- Seguimiento de la calidad de las aguas y del dragado
- Seguimiento de la biocenosis marina y recursos pesqueros
- Estudio previo de patrimonio arqueológico
- Vigilancia de los niveles fónicos
- Contaminación atmosférica

En particular, respecto del material a dragar en el proyecto para conformar los rellenos de la explanada adosada al muelle, se prevé la siguiente procedencia:

- Dragado en la ampliación Norte de Valencia: 14 Mm³.
- Dragado en el puerto de Sagunto: 6 Mm³ a 9.5 Mm³ (según compensación de materiales que se precise).

Adicionalmente, se contempla en el proyecto la posibilidad de la aportación de 2.5 Mm³ procedentes del material rechazado de un yacimiento de arenas en una parcela marítima a unas 17 millas náuticas del puerto de Valencia, frente a la costa de Cullera (Valencia). Estas arenas tienen un uso previsto para regeneración de playas, pero están cubiertas por una capa de material excesivamente fino para tal fin, que podría utilizarse para formación del relleno en las obras.

El proyecto incluye la caracterización de los materiales a dragar en la ampliación Norte de Valencia, efectuada en la siguiente campaña: "*Caracterización del material a dragar dentro del desarrollo del proyecto para las obras del muelle de la ampliación norte del puerto de Valencia – zona de dársena y antepuerto*" (TECNOAMBIENTE, febrero de 2019). El material a dragar en el puerto de Valencia corresponde a la categoría A para todos los parámetros objeto de estudio.



Se debe completar el proyecto con la caracterización de los materiales a dragar en el puerto de Sagunto conforme a las vigentes '*Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre*' (Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, 2021).

- Innovación y desarrollo tecnológico

No se considera que el proyecto informado contenga elementos innovadores desde un punto de vista funcional.

6. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA FIABILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

- Fiabilidad técnica

1.- Geotecnia

Para la caracterización de las condiciones del terreno se han considerado las conclusiones de varias campañas anteriores y particularmente las conclusiones derivadas de la "*Campaña de reconocimiento Geotécnico y Arqueológico Subacuático para el desarrollo del Proyecto Constructivo del Muelle de Contenedores de la Ampliación Norte del Puerto de Valencia. Documento 2. Estudio geotécnico*" redactado por BAC, INTERCONTROL y ENSAYA en diciembre de 2020.

Los trabajos de campo y de laboratorio realizados han permitido caracterizar el terreno natural bajo las alineaciones proyectadas, según se resume a continuación:

- a) Muelle de contenedores.



Nivel	Tipo de suelo	γ_{ap} (kN/m ³)	c_u (kPa)	Φ (°)	c' (kPa)	Φ' (°)	E (MPa)
A*	Arena de playa	20	-	-	0	35	20
A1 cohesivo	Fangos limo-arcillosos	18.5	20	0	4	17	2
A1 granular	Arenas fangosas	19	-	-	0	28	10
A2	Arcilla limosa	19.5	40	0	20	19	5
B1	Arenas limosas c/gravas	20	-	-	0	35	30
B2.1	Arenas limosas c/costras	20	-	-	0	34	29
B2.2	Arenas limo-arcillosas	20	-	-	0	28	12
B3	Arenas limosas	20	-	-	0	29	20
C1	Arcillas grises blandas	19	44	0	10	25	5
C2	Arcillas grises-negras	19	50	0	10	27	6
D1	Arcillas limosas	20	75	0	20	23	9
D2	Arcillas arenosas	20	80	0	20	26	10
E	Arenas y gravas	19.5	-	-	0	36	37
F	Arcillas plásticas firmes	20	90	0	30	25	12

b) Muelles auxiliares

Nivel	Tipo de suelo	γ_{ap} (kN/m ³)	c_u (kPa)	Φ (°)	c' (kPa)	Φ' (°)	E (MPa)
0	Relleno de explanada	15	-	-	10	30	20
A1 cohesivo	Fangos limo-arcillosos	18.5	40	0	10	29	5
A1 granular	Arenas fangosas	19	-	-	0	31	20
A2	Arcilla limosa	20	55	0	20	28	7
B1	Arenas limosas c/gravas	20	-	-	0	35	30
B2.1	Arenas limosas c/costras	20	-	-	0	34	29
B2.2	Arenas limo-arcillosas	20	-	-	0	28	12
B3	Arenas limosas	20	-	-	0	29	20
C1	Arcillas grises blandas	19	44	0	10	25	5
D1	Arcillas limosas	20	75	0	20	23	9
D2	Arcillas arenosas	20	80	0	20	26	10
E	Arenas y gravas	19.5	-	-	0	36	37
F	Arcillas plásticas firmes	20	90	0	30	25	12



c) Dique Norte

Nivel	Tipo de suelo	γ_{ap} (kN/m ³)	c_u (kPa)	Φ (°)	c' (kPa)	Φ' (°)	E (MPa)
1	Fangos y arenas limosas	18.5	20	0	4	17	2
2	Limos arcillosos	19.5	40	0	20	20	5
3	Arenas limosas c/gravas	20	-	-	0	34	29
4	Arcillas grises	19	44	0	10	25	5
5	Arcillas limosas arenosas	20	75	0	20	23	9

El terreno natural bajo las alineaciones proyectadas (muelle de contenedores y muelles auxiliares) no resulta apto para la cimentación directa de una estructura de gravedad, por lo que el proyecto analiza las siguientes alternativas de mejora del terreno:

- Sustitución del terreno mediante la ejecución de una banqueta de gran espesor.
- Construcción de columnas de grava.
- Tratamiento del terreno mediante la construcción de columnas de *jet grouting*.

Como resultado de la comparativa de alternativas se ha seleccionado en el proyecto que se informa la solución de tratamiento del terreno mediante columnas de *jet grouting*, cuyas principales ventajas son:

- Tienen capacidad para atravesar todo tipo de terrenos.
- Se evitan trabajos de sustitución de terreno.
- Se obtiene un plazo de ejecución inferior a los otros tratamientos.
- El coste de esta alternativa es inferior al de las otras dos.
- Se minimiza la utilización de material de cantera para las banquetas de cimentación y rellenos de trasdós.

Se proyecta, por tanto, la siguiente mejora de terreno:

- a) Muelle de contenedores. La solución de cimentación de los cajones de este muelle está constituida por una banqueta de escollera de 2,5 m de espesor y un tratamiento de las capas cohesivas subyacentes al nivel B1 mediante la ejecución



de columnas de *jet grouting* del tipo *superjet*. Para asegurar una adecuada transmisión de las cargas, se ha previsto que tanto la parte superior como la parte inferior de las columnas de *jet grouting* se empotren 0,5 m en una capa de terreno resistente. Las columnas de *jet grouting* se han diseñado con 2,5 m de diámetro y tienen longitud variable a lo largo del muelle para adaptarse a la evolución de los contactos de los niveles a tratar.

- b) Muelles auxiliares. Para las dos alineaciones de los muelles auxiliares, la solución de cimentación está constituida por una banqueta de escollera de 4,0 m de espesor que sustituye al primer nivel de material denominado A1 y la mejora del nivel A2 mediante la construcción de columnas de *jet grouting* del tipo *superjet*. Para asegurar un adecuado reparto de cargas, se ha previsto que la parte inferior de las columnas de *jet* se empotre 0,5 m en una capa de terreno resistente. Las columnas de *jet grouting* tienen 2,5 m de diámetro y son de longitud variable a lo largo de cada alineación para adaptarse a la evolución de los contactos de los niveles a tratar.

Los parámetros geotécnicos adoptados para la zona mejorada con *jet grouting* son los siguientes: en condiciones no drenadas, se considera $c_u = 11 \text{ t/m}^2$ y $\phi = 0$, mientras que en condiciones drenadas, se considera $c' = 5.5 \text{ t/m}^2$ y $\phi' = 30^\circ$.

2.- Bases de partida

Las bases de diseño del proyecto son las siguientes:

- a) Muelle de contenedores: conforme a la ROM 0.0 y a la ROM 2.0-11 se adoptan en proyecto los valores de IRE e ISA correspondientes a una repercusión económica alta y una repercusión social y ambiental baja, lo que se traduce en: un índice IRE r_3 con una vida útil de 50 años y un índice ISA s_2 con una probabilidad de fallo asociada de 0,10.



Conforme a la tabla 4.6 de la ROM 0.0 el método de verificación recomendado para estos valores es un nivel I con coeficientes parciales y un nivel III mediante simulación numérica.¹³

- b) Muelles auxiliares: conforme a la ROM 0.0 y a la ROM 2.0-11 se adoptan en proyecto los valores de IRE e ISA correspondientes a una repercusión económica media y una repercusión social y ambiental baja, lo que se traduce en: un índice IRE r_2 con una vida útil de 25 años y un índice ISA s_2 con una probabilidad de fallo asociada de 0,10.

Conforme a la tabla 4.6 de la ROM 0.0 el método de verificación recomendado para estos valores es un nivel I con coeficientes parciales.

3.- Cálculos de estabilidad

- a) Muelle de contenedores.

En el anejo correspondiente se divide el muelle en 3 tramos representados cada uno por un sondeo, considerado crítico¹⁴ y se calculan en detalle las secciones con la geometría del tratamiento de *jet grouting* correspondiente a los puntos de dichos reconocimientos.

El anejo incluye una metodología de cálculo analítico para los siguientes modos de fallo de la estructura: deslizamiento, vuelco rígido, hundimiento, vuelco plástico y socavación de pie del intradós. Asimismo, incluye una metodología de cálculo

¹³ El proyecto únicamente desarrolla un nivel I mediante coeficientes parciales, lo cual se considera adecuado ya que dicha metodología, empleando los coeficientes parciales requeridos en la ROM 0.5-05, se traduce en probabilidades de fallo de la estructura inferiores a 0,01, muy alejadas por tanto de la máxima probabilidad de fallo admisible en este caso (0,10).

¹⁴ Estos sondeos son SX-10, SX-07 y CX-03, definidos en el anejo de Geología y Geotecnia. El tramo 1 comprende 600 m de longitud y se define según el primer sondeo citado; el tramo 2 comprende 530 m de longitud y se define según el segundo sondeo citado; y el tramo 3 comprende 790 m de longitud y se define según el tercer sondeo citado (CPTU).



numérico¹⁵ para las combinaciones críticas correspondientes a los modos de fallo de vuelco plástico, hundimiento y estabilidad global.

Las acciones se toman conforme a ROM 2.0-11 y la NCSE-02 (acciones sísmicas). En particular, la sobrecarga de operación resulta de 30 kN/m², actuando en toda la zona situada entre el carril de la pata delantera de la grúa de muelle, hasta el apilamiento de contenedores, habiéndose considerado para los cálculos que dicha sobrecarga de operación puede llegar hasta el cantil del muelle. Respecto de la sobrecarga de almacenamiento, se prevé el apilamiento de contenedores llenos apilados hasta en 5 niveles, por lo que se consideran las cargas propuestas por la ROM 2.0-11 para el apilamiento en 5 niveles, siendo el valor de dicha sobrecarga, de 75 kN/m².

Las condiciones de trabajo (CT) analizadas para los distintos modos de fallo son las siguientes: CT operativas (cuasi-permanente, fundamental con agente predominante viento, fundamental con agente predominante oleaje); CT extremas; y CT excepcionales (por sobrecarga accidental y por acción sísmica).

Se comprueba que todos los coeficientes de seguridad obtenidos para cada modo de fallo en todas las condiciones de trabajo analizadas para cada sección superan los mínimos recomendados en ROM 0.5-05, tanto en la metodología analítica desarrollada como en la de cálculo numérico.

b) Muelles auxiliares.

En el anejo correspondiente se dividen las alineaciones de los muelles auxiliares en 2 tramos representados cada uno por un sondeo, considerado crítico¹⁶ y se calculan en detalle las secciones con la geometría del tratamiento de *jet grouting* correspondiente a los puntos de dichos reconocimientos.

¹⁵ Basado en la teoría del equilibrio límite con el programa comercial *Slope/W*.

¹⁶ Estos sondeos son SX-14 y CX-22, definidos en el anejo de Geología y Geotecnia. El tramo 1-sur comprende 250 m de longitud y se define según el primer sondeo citado; y el tramo 2-central comprende 340 m de longitud y se define según el segundo sondeo citado (CPTU).



El anejo incluye una metodología de cálculo analítico para los siguientes modos de fallo de la estructura: deslizamiento, vuelco rígido, hundimiento, vuelco plástico y socavación de pie del intradós. Asimismo, incluye una metodología de cálculo numérico¹⁷ para las combinaciones críticas correspondientes a los modos de fallo de vuelco plástico, hundimiento y estabilidad global.

Las acciones se toman conforme a ROM 2.0-11 y la NCSE-02 (acciones sísmicas). En particular, la sobrecarga de operación resulta de 30 kN/m², actuando en una franja de 25 m de anchura desde el cantil del muelle, hasta el apilamiento de contenedores. Respecto de la sobrecarga de almacenamiento, se consideran las cargas propuestas por la ROM 2.0-11, siendo el valor de dicha sobrecarga de 60 kN/m².

Las condiciones de trabajo (CT) analizadas para los distintos modos de fallo son las siguientes: CT operativas (cuasi-permanente, fundamental con agente predominante viento, fundamental con agente predominante oleaje); CT extremas; y CT excepcionales (por agente climático extraordinario y por acción sísmica).

Se comprueba que todos los coeficientes de seguridad obtenidos para cada modo de fallo en todas las condiciones de trabajo analizadas para cada sección superan los mínimos recomendados en ROM 0.5-05, tanto en la metodología analítica desarrollada como en la de cálculo numérico.

c) Otros cálculos de estabilidad.

El proyecto incluye asimismo las comprobaciones de estabilidad de los siguientes elementos estructurales:

- Dique de abrigo. Se comprueba la estabilidad mediante métodos analíticos y numéricos de los tramos verticales del dique de la Ampliación Norte y del dique

¹⁷ Basado en la teoría del equilibrio límite con el programa comercial *Slope/W*.



Este exterior que pasan a trabajar como elementos de contención de los rellenos que conforman la explanada del muelle de contenedores.

- Dique Este. El diseño proyectado contempla que los bloques de 35 t necesarios para recargar el manto de protección del dique del Este provengan en su totalidad de la demolición del contradique, así como la reconstrucción completa del espaldón según su geometría original. Se comprueba la estabilidad hidráulica del manto y la estabilidad del espaldón por métodos analíticos, así como la estabilidad geotécnica de la sección por métodos numéricos (*Slope/W*).
- Dique Norte – muelles auxiliares. Se comprueba por métodos numéricos (*Slope/W*) la estabilidad del talud del dique Norte frente a la ejecución del dragado hasta la cota -18 m, necesario para cimentar el último cajón de los muelles auxiliares. Dada la proximidad del dique con respecto a la posición del último cajón, y para evitar que se descalce con la ejecución del dragado, el proyecto incluye la ejecución de una pantalla de pilotes de 2 m de diámetro a lo largo del dique, en una longitud de 73,2 m, que alcanzan la cota -30 m.
- Dique Norte – faro. El proyecto que se informa establece la cota de la dársena de la ampliación norte a la profundidad -24 m; esta profundidad afecta a las estructuras existentes en el perímetro de la dársena, como es el caso del dique Norte y del faro. A tal efecto, se comprueba en proyecto la estabilidad del tramo central del dique Norte y de la zona del antiguo faro¹⁸ mediante métodos analíticos y numéricos (*Slope/W*).
- Puerto de Sagunto. Finalmente, el proyecto incluye la verificación de la estabilidad de los muelles de la dársena 2, dique de Levante y contradique del puerto de Sagunto, frente al dragado previsto en estas zonas para extraer los materiales que se emplearán en la construcción de las obras de la ampliación

¹⁸ Se incluye en el proyecto el traslado de dicho faro, a efectos de poder retranquear la cimentación del mismo y de su antiguo manto de protección -ya innecesario-, para facilitar la maniobra de los buques



Norte del puerto de Valencia. Los cálculos se han llevado a cabo considerando que se pudiera profundizar el dragado hasta la cota -30 m y estableciendo una distancia de 40 m medida desde la coronación del talud del dragado hasta el pie del cajón (caso del dique de Levante y muelles de cajones) o hasta el encuentro entre la capa exterior del manto de escollera y el terreno natural (caso de estructuras en talud). El talud de dragado es 4:1 (H:V). En estas condiciones se verifica mediante modelos numéricos de equilibrio límite (*Slope/W*) que las estructuras afectadas por el dragado son geotécnicamente estables.

4.- Cálculos estructurales

a) Muelle de contenedores.

Se realiza el cálculo estructural del cajón conforme a la Instrucción EHE-08 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11. Se comprueban los estados límites últimos y estados límite de servicio (fisuración) de cada una de las secciones para las situaciones de transporte, fondeo y servicio de los cajones, utilizando al efecto un modelo de elementos finitos mediante el programa ANSYS. La cuantía de armadura obtenida es del orden de 53 kg de acero por metro cúbico de hormigón, que se considera adecuada para la tipología de cajón diseñada (cajón de muelle con celdas circulares).

Se incluye además el cálculo estructural de la viga cantil del muelle conforme a la Instrucción EHE-08 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11. Se incluye asimismo el diseño de los elementos locales (anclaje de defensas, anclaje de bolardos y anclaje de seguros antivuelco y pestillos de bloqueo de las grúas).

b) Muelles auxiliares.

Se realiza el cálculo estructural del cajón conforme a la Instrucción EHE-08 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11. Se comprueban los estados límites últimos y estados límite de servicio (fisuración) de cada una de las secciones para la situación



de servicio de los cajones¹⁹, utilizando al efecto un modelo de elementos finitos mediante el programa ANSYS. Se comprueba que la armadura de los cajones es suficiente en cada sección o se refuerza en caso contrario (ie. el tramo superior de los cajones se debe reforzar para resistir el tiro de los bolardos en ELU).

Se incluye además el cálculo estructural de la viga cantil de los muelles auxiliares conforme a la Instrucción EHE-08 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11. Se incluye asimismo el diseño de los elementos locales (anclaje de defensas y anclaje de bolardos).

c) Otros cálculos estructurales.

El proyecto incluye asimismo los cálculos estructurales de los siguientes elementos:

- Pantalla de pilotes. Como sistema de sostenimiento del dique Norte en el encuentro con la alineación 2 de los muelles auxiliares y a los efectos de poder aproximar lo más posible los nuevos cajones sin desestabilizar el antiguo dique²⁰, se ha diseñado una pantalla de pilotes de diámetro 2,0 m, que alcanzan la cota -30 m. La pantalla tiene una longitud de 73,2 m y consiste en 28 pilotes con una distancia entre ejes de 2,6 m. La viga de atado presenta una sección de 2,75 m x 2,0 m, y en ella se instalan unos tirantes para limitar la deformación en cabeza del conjunto de pilotes²¹. Se realiza el cálculo estructural de los pilotes conforme a la Instrucción EHE-08 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11²². La modelización de la pantalla de pilotes se lleva a cabo utilizando un modelo 3D de barras mediante el programa comercial STATIK.

¹⁹ Para las situaciones de transporte y fondeo se consideran válidos los cálculos desarrollados en el proyecto "Muelle de cruceros en la ampliación del puerto de Valencia. fase I", de febrero de 2014, habida cuenta que los cajones de los muelles auxiliares reutilizan los del muelle de cruceros.

²⁰ Construido entre 1925 y 1928 con cajones de hormigón "in situ" cimentados a la cota -7,50 m.

²¹ Estos tirantes se resuelven mediante barras GEWI Ø63.5mm que se anclan a un sistema de retenida conformado por pilotes enterrados hasta la cota - 20 m y con un diámetro Ø1,5 m.

²² Incluyendo sobrecargas de tráfico viario y ferroviario (carga UIC 71).



- Pantalla de tablestacas. Como sistema de sostenimiento provisional de las explanadas de contenedores existentes durante el dragado y fondeo de los cajones de los muelles auxiliares, se proyectan pantallas de tablestacas en dos alineaciones: la alineación Norte, colindante con el vial perimetral de la concesión Norte; y la alineación Oeste, paralelo al borde de la concesión Oeste. La alineación Norte, de 105.66 m de longitud, se resuelve mediante tablestacas simples tipo PU12, con una altura total de tablestaca de 10 m. En este tramo, la diferencia máxima de alturas entre el trasdós y el intradós es de 3.25 m. Por su parte, la alineación Oeste se resuelve mediante dos tipologías de pantalla, dependiendo de la diferencia de tierras entre el trasdós y el intradós: cuando dicha diferencia es inferior a 5 m, se proyectan tablestacas tipo CU22 de 12 m de altura total; mientras que cuando la diferencia supera los 5 m (en particular, hay que salvar voladizos de hasta 9.0 m), se proyectan tablestacas compuestas de tipo HZ 1180M D con una altura total de tablestaca de 22 m. Se realiza el cálculo estructural de las pantallas conforme a la Instrucción EAE-12 para las acciones recomendadas en ROM 2.0-11. La modelización de las pantallas de tablestacas se efectúa mediante el programa comercial *RIDO*.²³

5.- Cálculo de consolidación de rellenos

Para el cálculo de la precarga proyectada, se consideran el perfil y las propiedades deformacionales simplificados del terreno natural siguientes:

Unidad	Niveles	Comportamiento	Cota sup. (m)	Cota inf. (m)	E (MPa)	Espesor cohesivo (m)	cv (cm ² /s)
I	A*, A1 y A2	Mixto		-20	6	2	6*10 ⁻³
II	B1	Granular	-20	-26	30	-	-

²³ Se ha desarrollado un modelo para cada tipo de tablestaca de las citadas, fijando el perfil y la longitud de tablestaca necesarios para limitar los esfuerzos en la tablestaca y garantizar así la resistencia estructural de la misma.



Unidad	Niveles	Comportamiento	Cota sup. (m)	Cota inf. (m)	E (MPa)	Espesor cohesivo (m)	cv (cm ² /s)
III	B2.1, B2.2, B3, C1, C2, D1 y D2	Cohesivo	-26	-36	10	6	4*10 ⁻³
IV	E y F	Granular	-36		Indef.	-	-

Respecto del material de relleno procedente de dragado, se han estimado las siguientes propiedades deformacionales conforme a la experiencia de la APV:

Material de relleno	Arenas y gravas	Arcillas y limos
Densidad seca (MPa)	14	11
Densidad saturada (MPa)	19	17
E en carga (MPa)	10	2
E en recarga (MPa)	25	15
cv (cm ² /s)	Muy elevado	1.5*10 ⁻³
ch (cm ² /s)	Muy elevado	1.5*10 ⁻³

Con estos valores, para una precarga de tierras de densidad 15 kN/m³ de entre 4.5 y 8 m de altura (según zonas de la terminal), se estima un asiento total medio tras la finalización de la precarga del orden 75 cm (máximo 98 cm), al que hay que sumar el de peso propio (unos 56 cm), lo que totaliza un asiento total máximo de unos 150 cm.

A efectos de garantizar dicho asiento, se proyecta una malla de drenes verticales conforme al procedimiento recomendado en ROM 0.5-05, resultando 1 dren cada 2 m² para que los tiempos de espera sean de 3-4 meses.

Tras retirar la precarga, los asientos en fase de explotación a tiempo infinito (asiento de recarga) se estima puede llegar a los 7 cm en el peor de los casos considerados, inferior por tanto al máximo recomendado en la ROM 4.1-18 (10 cm a 10 años).



6.- Conclusiones respecto de la fiabilidad técnica del proyecto.

En base a lo expuesto en los apartados precedentes, se considera que las obras incluidas en el proyecto informado alcanzan una fiabilidad técnica suficiente en términos tanto de estabilidad hidráulica como geotécnica y estructural.

- Costes

Los precios de las principales unidades de obra del proyecto informado se consideran adecuados tomando como referencia el "*Observatorio de obras portuarias. Estadística de precios unitarios*" de Puertos del Estado.

No obstante, resulta elevado en comparación con el precio de dicho observatorio el precio unitario considerado en proyecto para el '*kg de acero corrugado en redondos, tipo B 500 S para armar*', a 1.65 €/kg. En todo caso, el incremento del precio del acero acaecido en los dos últimos años, hace que este precio de proyecto se considere a fecha de hoy un precio de mercado, siendo el observatorio el que queda desactualizado respecto de los citados incrementos.

- Fiabilidad durante la ejecución de la obra

El proyecto incluye un programa de trabajos de 58 meses de duración total a partir de una estimación de rendimientos medios para las principales unidades de obra, sin perjuicio de que éstos dependerán de la oferta de medios de cada licitador. En dicho programa de trabajos se incluye la gestión de los materiales a recuperar de las estructuras existentes, tanto por medios terrestres como marítimos, planteando la obra como una gestión de dichos materiales sumada a la ejecución de las nuevas unidades.²⁴

²⁴ De hecho, el proyecto incluye un anejo específico para la recuperación y reubicación de materiales, en el cual se analizan con detalle las obras de desmontaje de estructuras existentes, las demoliciones y la reubicación de materiales previstas en el proyecto.



El proyecto incluye asimismo un cálculo de estabilidad de las secciones del muelle de contenedores y otro de las secciones de los muelles auxiliares mediante sendos modelos de elementos finitos (programa *Plaxis 2D*), los cuales han permitido modelizar las distintas fases de construcción de cada muelle durante la ejecución de la obra: fase inicial – ejecución columnas de *jet grouting* – dragado – banquetta – fondeo y relleno cajón – consolidación 30 días – relleno trasdós – relleno general – precarga – consolidación 90 días – sobrecargas de operación.

La construcción de la precarga se plantea por fases, trasladando un volumen de unos 1,5 Mm³ a lo largo de la explanada generada, hasta completar la superficie total a tratar, siendo el tiempo mínimo de mantenimiento de la precarga de 3 meses antes de su desplazamiento a la siguiente ubicación.

- Innovación y desarrollo tecnológico

No se considera que el proyecto informado contenga elementos innovadores desde un punto de vista técnico, si bien la ampliación proyectada ha sido modelizada en BIM, dentro del contrato que la APV ha suscrito con la consultora redactora del proyecto.

7. PLIEGO DE BASES TÉCNICAS

En fecha 21 de enero de 2022, la Autoridad Portuaria de Valencia ha remitido a PdE el '*Pliego de Bases Técnicas para las variantes a presentar a la licitación de las obras del muelle de contenedores de la ampliación Norte del puerto de Valencia*', el cual acompañará como anexo al Pliego de Cláusulas para la contratación de las obras.

En dicho Pliego se establece que se admitirá para cada licitador una única variante que podrá consistir, en líneas generales, en adaptar la geometría interior de los cajones a las instalaciones propias de cada licitador. Se admite igualmente la modificación de la eslora de los cajones, manteniendo las dimensiones generales establecidas en el



proyecto. Ni la manga ni el puntal de los cajones podrá ser objeto de variante, debiendo mantenerse ambas en las dimensiones establecidas en el proyecto.

En la documentación relativa a la variante deberá incluirse toda la necesaria para la correcta y completa definición de los cajones ofertados incluyendo: cálculos geotécnicos, de estabilidad, de armado, planos de dimensiones y armaduras, mediciones y presupuesto, así como cualquier otra información que resulte relevante a los efectos del proceso constructivo, tanto de los cajones como del propio muelle, redactada siguiendo los mismos criterios de diseño establecidos en el proyecto de licitación. En particular, deberán respetarse estrictamente los valores de las resistencias de los materiales previstos en el proyecto de licitación, los parámetros geotécnicos del terreno y los materiales constituyentes de las obras, los coeficientes de seguridad adoptados y los precios unitarios establecidos en el mismo.

8. CONCLUSIONES Y DICTAMEN

En base a lo expuesto en apartados anteriores, se hace constar que las obras incluidas en el proyecto informado cumplen las funciones requeridas en relación con la mejora de la competitividad del puerto de Valencia en tráficos de mercancía contenerizada, mediante la ejecución de una nueva terminal de contenedores funcional y operativa, que completa la ampliación Norte del puerto.

Asimismo, se hace constar que las obras incluidas en el proyecto informado alcanzan una fiabilidad técnica suficiente en términos tanto de estabilidad hidráulica como geotécnica y estructural.

Se realizan, no obstante, las siguientes prescripciones y recomendaciones al proyecto:



1. La Autoridad Portuaria de Valencia, en calidad de promotor y órgano sustantivo de la actuación, deberá emitir certificación de que el proyecto no requiere someterse a un nuevo procedimiento ambiental, con carácter previo a la aprobación del mismo.
2. Se debe completar el proyecto con la caracterización de los materiales a dragar en el puerto de Sagunto conforme a las vigentes '*Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre*' (Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, 2021).
3. Los tiempos de consolidación que figuran en el proyecto tras el fondeo y relleno de cajones y tras la ejecución de la precarga sobre la nueva explanada se consideran tiempos mínimos y deberán incluirse en el Pliego de Cláusulas de contratación de las obras a los efectos de que sean tomados en cuenta por los licitadores en su programación de las mismas.
4. El entronque del muelle de contenedores (cimentado a la cota -20 m) con el dique de abrigo exterior (cimentado a la cota -18 m) se resuelve en el proyecto mediante la reducción de la cota de cimentación del último cajón del muelle a la cota -18 m. Se recomienda replantear dicho entronque, manteniendo la cota del último cajón a la -20 m, igual que el resto del muelle, y resolviendo el encuentro con una sección de hormigón sumergido que salve los dos metros de diferencia entre muelle y dique.
5. El análisis de operatividad del proyecto no ha incluido la inoperatividad esperada para los buques portacontenedores pequeños, pues no se pudo concluir el ensayo en el CEPYC por causa mayor. Se recomienda la conclusión de dicho ensayo cuando ello sea factible, a los efectos de asegurar la operatividad de la terminal para una flota lo más amplia posible de portacontenedores.



Visto lo anterior, este Área de Proyectos de Infraestructuras de Puertos del Estado informa favorablemente el proyecto constructivo del “*Muelle de contenedores de la ampliación Norte del puerto de Valencia*”, así como el Pliego de Bases Técnicas regulador de las variantes, para su aprobación por la Autoridad Portuaria de Valencia, con las prescripciones y recomendaciones realizadas en los párrafos precedentes.

Madrid, marzo de 2022

EL JEFE DEL ÁREA DE PROYECTOS
DE INFRAESTRUCTURAS

Conforme: EL DIRECTOR DE
PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO

Fdo.: Gonzalo Gómez Barquín
Documento firmado electrónicamente

Fdo.: Manuel Arana Burgos
Documento firmado electrónicamente

A la vista del presente Informe, esta Presidencia, en virtud de lo establecido en el apartado 1.e) del artículo 18 del Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, así como de las competencias atribuidas en el apartado 2.h) del artículo 22 de dicho R.D.L., RESUELVE emitir INFORME FAVORABLE sobre el proyecto constructivo del “*Muelle de contenedores de la ampliación Norte del puerto de Valencia*”, así como del Pliego de Bases Técnicas regulador de las variantes, para su aprobación por la Autoridad Portuaria de Valencia, con las prescripciones y recomendaciones realizadas en el Dictamen del Informe.

Madrid, marzo de 2022

EL PRESIDENTE

Fdo.: Alvaro Rodríguez Dapena
Documento firmado electrónicamente

