



Ampliación norte del Muelle Sur

Puerto de Huelva



Estas obras consisten en la ampliación del Muelle Sur, ubicado en la margen izquierda de la ría de Huelva y construido sobre uno de los recintos para productos de dragados. El muelle actual tiene una longitud de 750 m y permite calados de 15 m. Su tipología estructural es la de muelle de pantallas de hormigón armado (con planta en forma de “T”) atirantadas.

El incremento del tráfico de los últimos años hace necesaria la ampliación del muelle por su extremo norte. Las obras consisten en ampliar en 526 m el muelle hacia el norte, con un calado que podrá alcanzar los 17 m.

- **Texto:** Alfonso Peña López-Pazo, jefe del Área de Infraestructuras de la Autoridad Portuaria de Huelva.

Solución proyectada

La tipología estructural elegida en la construcción de la ampliación del muelle es de pantallas de tablestacas metálicas ancladas. Se optó por esta solución técnica debido a que la utilización de soluciones de gravedad, como la de cajones de hormigón, implican la ejecución previa de grandes volúmenes de dragados y excavaciones, que afectarían a la estabilidad del recinto de confinamiento del material dragado que se encuentra junto al muelle. Por otro lado, también se tuvo en cuenta que un muelle de pantallas permite el incremento del calado fácilmente para poder ir adaptándose a las necesidades de nuevos tráficos y buques.

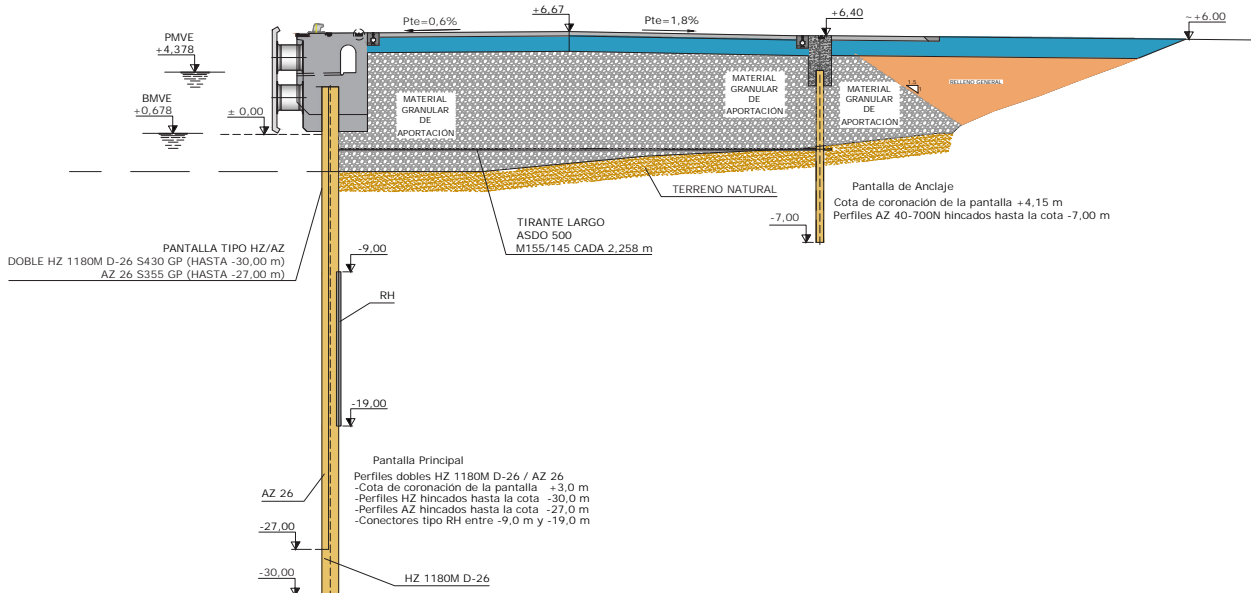
En esta ampliación se ha descartado la solución de pantallas de hormigón armado, que fue utilizada en el actual Muelle Sur, debido a los problemas que se ocasionaron para garantizar la estanqueidad de las juntas entre pantallas.

Por otro lado, hay que destacar que, debido a la geotecnia de la zona y a las característi-

cas del diseño, el nuevo muelle se ha convertido en uno de los más grandes construidos en el mundo con tablestacas sin la colaboración de plataforma de descargas, habiéndose utilizado para la ejecución de las pantallas, los perfiles metálicos laminados en caliente de mayor tamaño de la casa comercial Arcelor Mittal.

La estructura del muelle está formada por una pantalla principal y una pantalla de anclaje unidas por tirantes. La viga cantil se ejecuta sobre la pantalla principal o delantera y en ella se encuentra el carril delantero de las grúas, a la cota +6,59 m, que dispone de una galería de servicios donde se instalan los bolardos y defensas. La pantalla de anclaje o trasera está coronada por una viga de hormigón que funciona como cimentación del carril trasero de las grúas portacontenedores.

El pavimento es de hormigón, con una anchura de 40,75 m, incluyendo la viga cantil y la viga carril.



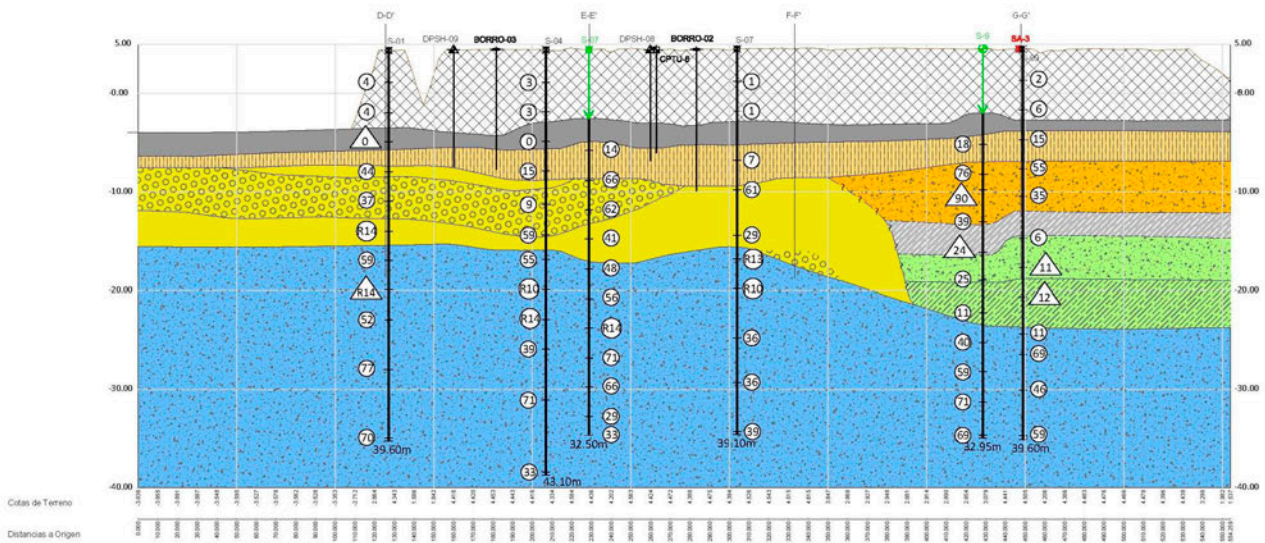
Sección tipo de la sección 1.

Geotecnia

El terreno en la zona de las obras está formado principalmente por tres niveles geológicos:

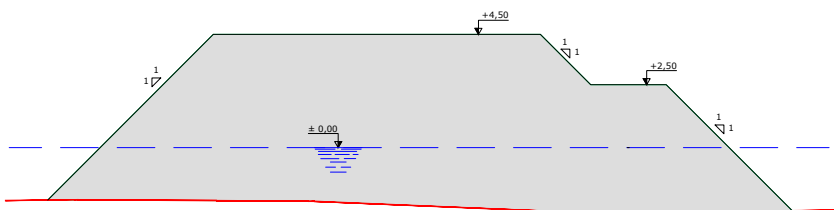
- Nivel I: fangos, arenas limosas y arcillas arenosas. Cuaternario.
- Nivel II: unidad detrítica continental formada por arenas y gravas marroñes. Pliocuatnario.
- Nivel III: unidad detrítica marina, formada por arenas limosas grises. Terciario.

El perfil longitudinal del terreno es bastante uniforme, aunque interrumpido por la presencia de un paleocauce cuaternario perteneciente a un antiguo afluente de la ría, situado en la zona de conexión con el actual Muelle Sur.

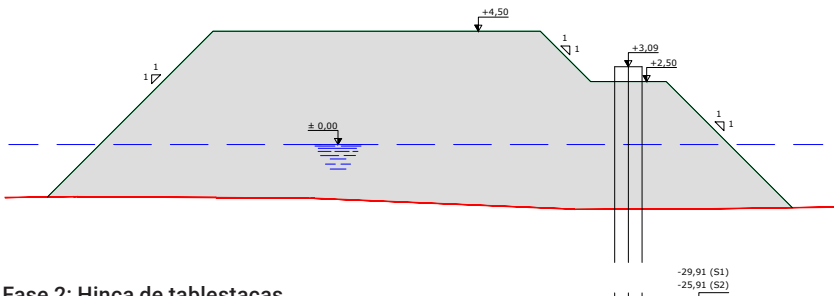


Perfil geotécnico de la zona de obra.

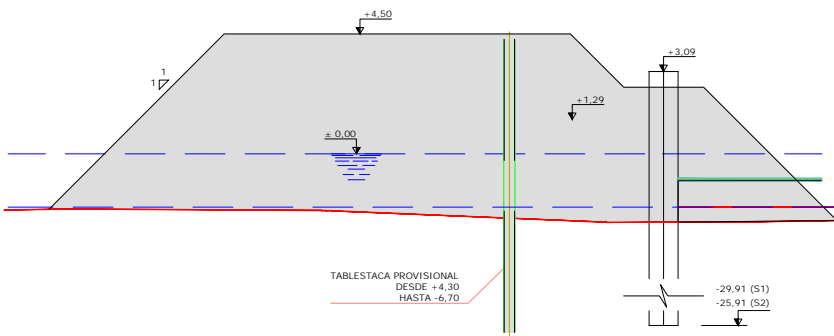
Fases Constructivas



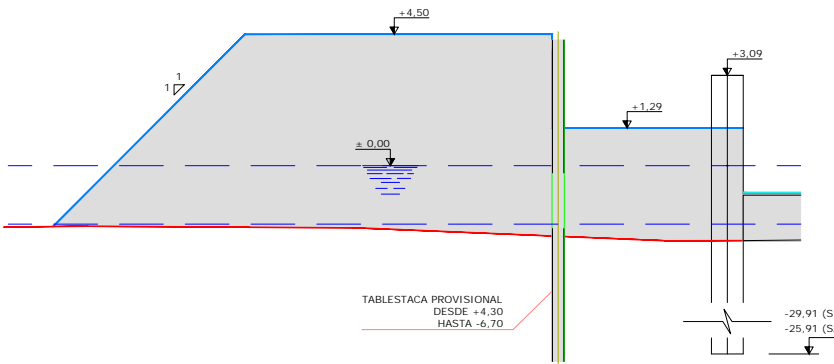
Fase 1: Construcción de motas.



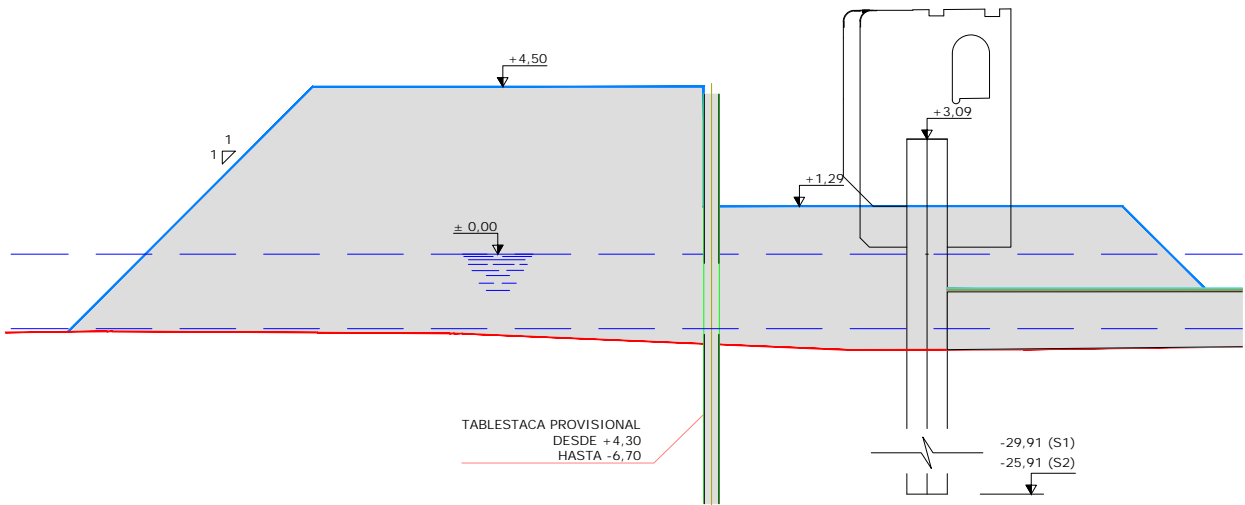
Fase 2: Hincas de tablestacas.



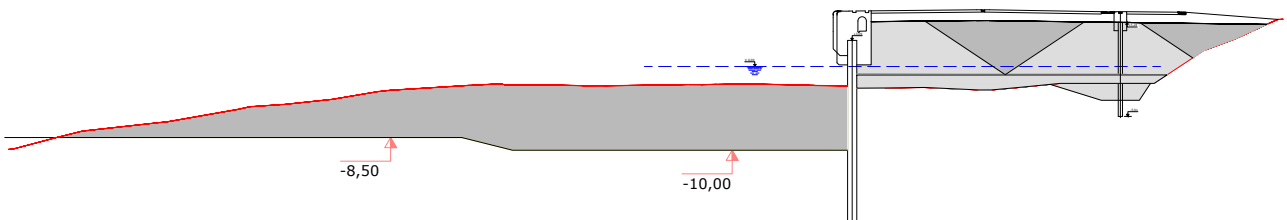
Fase 3: Hincado de tablestacas provisionales.



Fase 4: Excavación y colocación tirantes.



Fase 5: Construcción de la viga cantil.



Fase 6: Dragado y ejecución del pavimento.



Motas

Para realizar la hinca de las tablestacas se ha ejecutado una mota longitudinal provisional para poder posicionar el equipo de hinca de las tablestacas. Se han ejecutado también varias motas transversales para facilitar la movilidad dentro de la obra y crear recintos donde poder trabajar en seco, con ayuda de tablestacas provisionales y grandes equipos de bombeo.

Vista de las motas provisionales ejecutadas.

El material utilizado en la ejecución de estas motas es el que se ha utilizado después como relleno del trasdós de las tablestacas. Se trata de un material con granulometría 70/120 y las siguientes propiedades:

Propiedades	Valores
Densidad seca $\gamma_d (t/m^3)$	1,40
Densidad saturada $\gamma_{sat} (t/m^3)$	1,95
Densidad sumergida $\gamma_{sum} (t/m^3)$	0,95
Ángulo de rozamiento interno ϕ (°)	40,0
Cohesión c' (kPa)	0,00

Pantallas de Tablestacas

● Pantalla delantera

Como consecuencia de la geotecnia de la zona se han establecido dos secciones tipos.

La **sección 1** tiene una longitud de 226 m desde el entronque con el muelle actual hacia el norte. Se corresponde con la zona geotécnica donde se encuentra el paleocauce.

La pantalla principal está formada por perfiles dobles HZ 1180M-D26, de 33 m de longitud, y tablestacas AZ-26, de 30 m. Los perfiles HZ se hincan hasta la cota -30 m, y las tablestacas AZ hasta la cota -27 m.

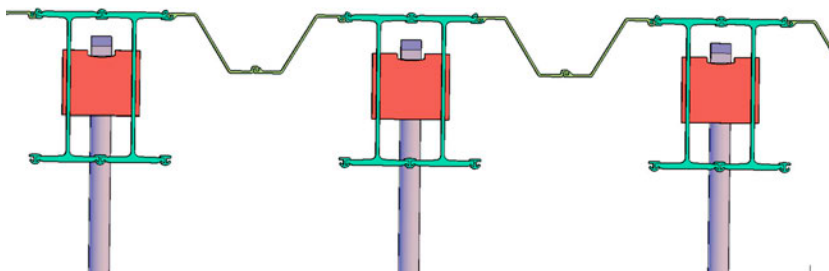
La **sección 2** tiene una longitud de 300 m al norte de la sección 1, la pantalla principal está formada por perfiles simples HZ 1180M-D14, de 29 m de

longitud, y tablestacas AZ-28 de 23 m. Los perfiles HZ se hincan hasta la cota -26 m, y las tablestacas AZ hasta la cota -20 m.

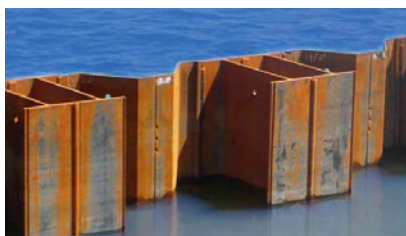
Las tablestacas y perfiles, de ambas secciones, están laminados en caliente con el fin de evitar cualquier tipo de soldadura estructural y la unión entre ambos se hace mediante conectores.

Para la hincada de los perfiles HZ se ha utilizado una estructura guía, que garantiza la verticalidad y la distancia entre perfiles. El posicionamiento de esta estructura guía se hace sobre dos o tres perfiles hincados previamente, dependiendo de la sección.

Los perfiles de la pantalla delantera se han hincado con un martillo vibrante Müller MS 120 de 15,5 t, hasta la cota -18 m o -12 m, según correspondieran a la sección 1 o a la 2, respectivamente, para continuar la hincada con martillo de impacto BPS-Int CG 240, de 18 t, hasta su cota definitiva.



Detalle del perfil de la tablestaca principal de la sección 1.





Estructura guía para hincado.

Hincado con martillo vibrante.



Hincado con martillo de impacto.



● **Pantalla de anclaje:**

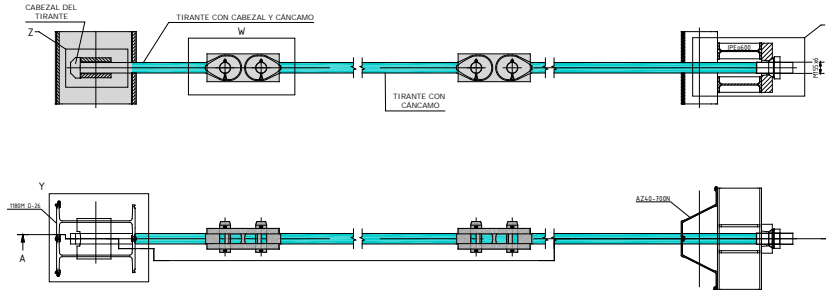
La pantalla de anclaje trasera está formada por tablestacas AZ 28-700, hincadas hasta la cota -4,00 m y coronada a la cota +5,15 m.



Hincado de pantalla de anclaje trasera.

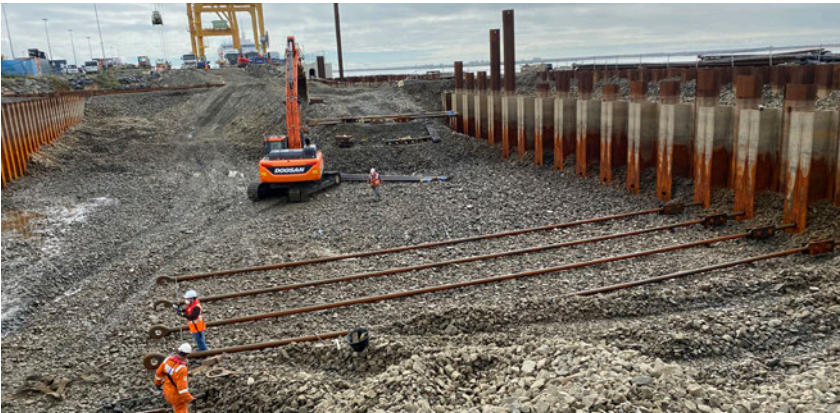
Anclajes

La pantalla delantera está anclada a la trasera mediante tirantes, divididos en tres tramos articulados entre sí, con el fin de eliminar los esfuerzos de flexión en los mismos.



Los tirantes van colocados a la cota -1 m, por debajo del nivel de la marea, lo que obliga a la instalación de pantallas provisionales y grandes equipos de bombeo para poder trabajar en seco a esa cota.

En la sección 1 se han colocado tirantes cada 2,25 m, modelo ASDO 500 de 145 mm de diámetro y 33 m de longitud. En la sección 2 se han colocado tirantes cada 1,92 m de 31 m de longitud y 110 mm de diámetro.



Colocación de tirantes.

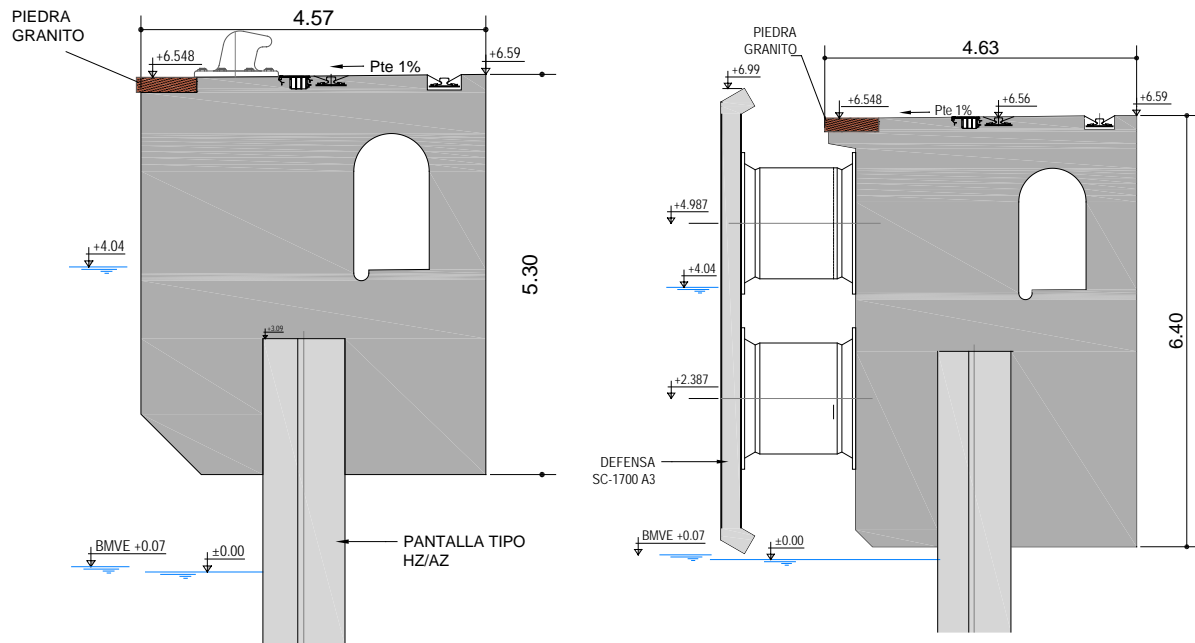


Tirantes colocados.

Viga Cantil

La viga cantil del nuevo muelle es de hormigón armado y se ejecuta sobre la pantalla delantera.

Secciones de la viga cantil.



Construcción en seco de la viga cantil.

Al igual que en la colocación de los tirantes, la ejecución de la superestructura de la viga cantil se lleva a cabo en seco, lo que ha permitido utilizar encofrados convencionales en su ejecución.



Hormigonado viga cantil.



Galería de la viga cantil.

La viga cantil tiene una galería de servicios, ejecutada mediante encofrado deslizante, por donde discurren la red de agua potable, electricidad y parte de la instrumentación del muelle.

En la viga cantil se han instalado cada 24 m defensas de dos cilindros de caucho con escudos de 6,50 x 3,20 m y bolardos de 200 t.



Pavimento

En la obra se ha pavimentado la zona de operación, definida a partir de la línea cantil hasta 40,75 m lado tierra, y se ha proyectado un pavimento portuario de hormigón armado HP-40, con un espesor de 0,28 m ejecutado sobre una explanada, formada por un todo uno de cantera con un espesor de 1,00 m.

Dragado

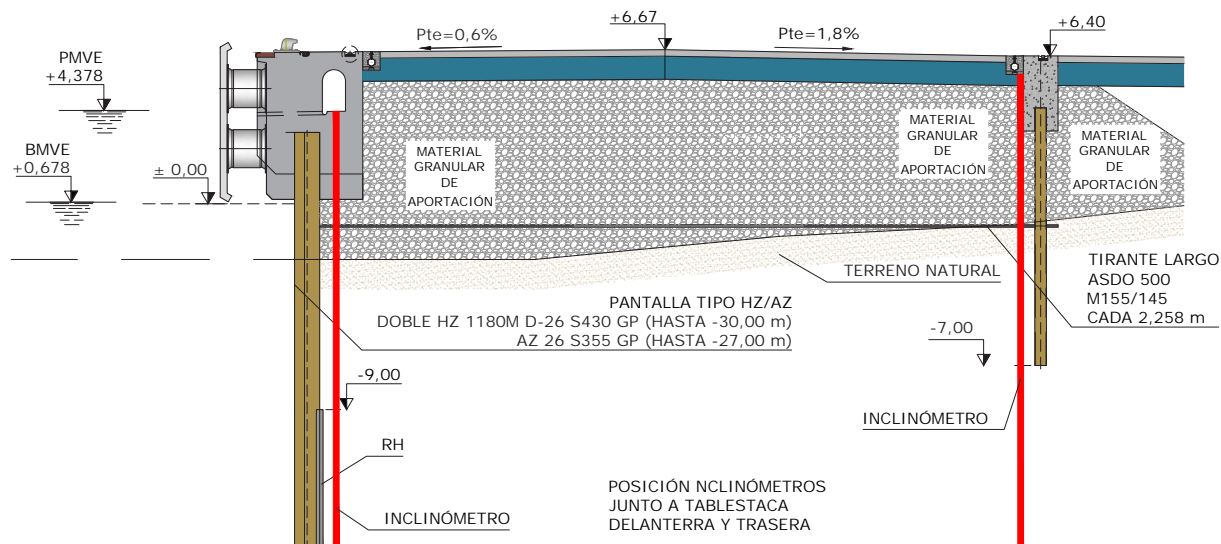
El diseño y la tipología estructural del muelle permite ir aumentando el calado conforme lo vayan demandando el tráfico y los tipos de buques. Como se ha comentado anteriormente, la estructura está proyectada para poder alcanzar en el muelle un calado máximo de 17 m. Las características del material a dragar permiten realizar el dragado mediante draga de succión en marcha.

Instrumentación

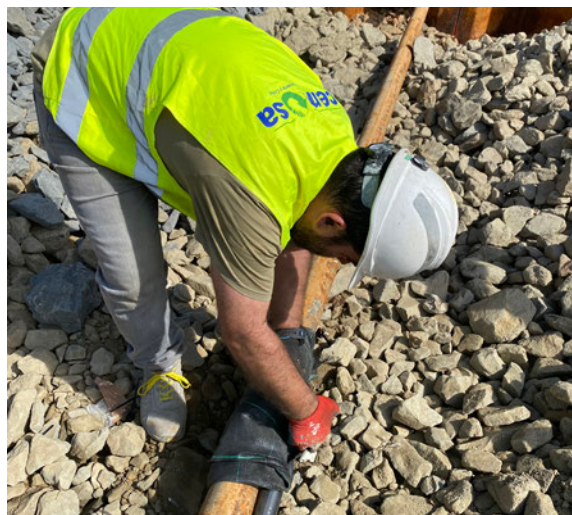
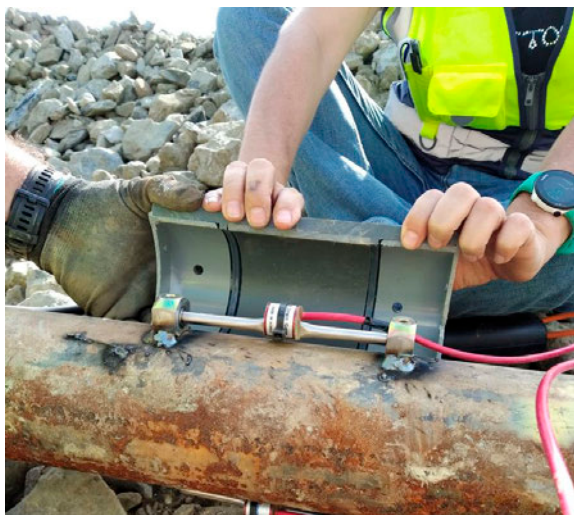
En el diseño de la instrumentación se ha contado con la colaboración del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. En la definición de los elementos a instrumentar se ha tenido en cuenta la tipología estructural del muelle y las diferentes fases de servicio a las que va a estar sometida la estructura.

La instrumentación contempla el seguimiento de los desplazamientos horizontales de la estructura en varias secciones mediante la instalación de un total de 12 inclinómetros. Seis de ellos se han colocado junto a la pantalla delantera y se han realizado en la solera de la galería de la viga cantil hasta la cota -38 m, y los otros seis, junto a la tablestaca trasera hasta la cota -15 m.

Para conocer la tensión de los tirantes en las diferentes fases de entrada en servicio de la estructura,

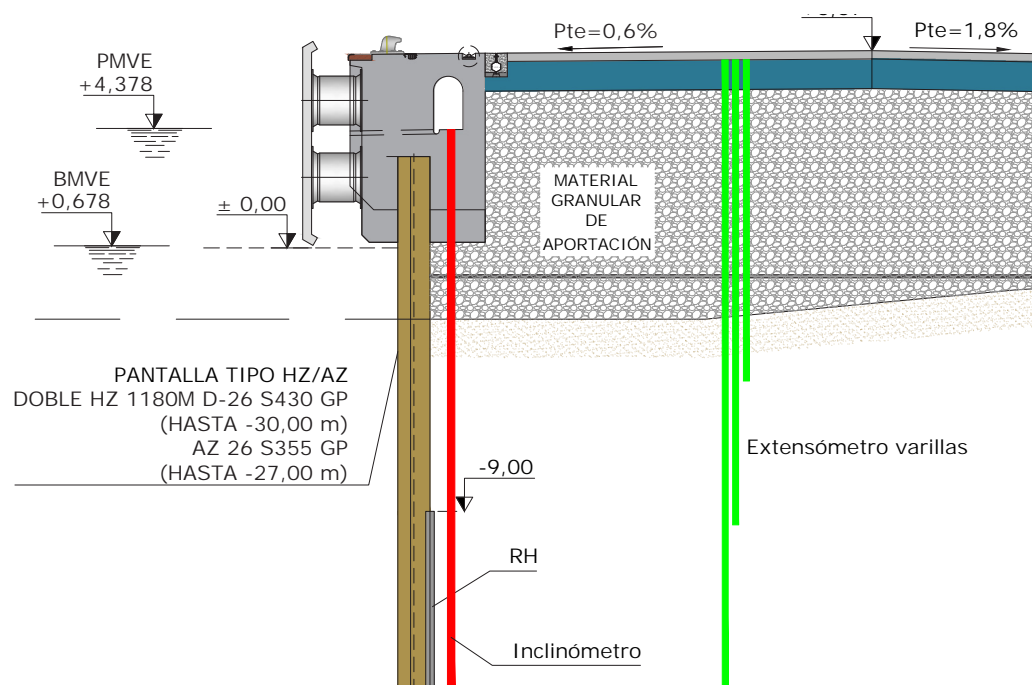


Colocación de extensómetros en tirantes



se han instalado extensómetros de cuerda vibrante sobre los tirantes. Los extensómetros se protegen con un tubo de PVC del material vertido para el trasdós de la estructura.

Para medir los asentamientos del terreno natural y del relleno se han instalado dos extensómetros de varillas, uno en la sección tipo 1 y el otro en la tipo 2. Cada extensómetro de varillas tomará datos a tres profundidades: a -30 m, a -10 m y a la cota base del relleno, la -4 m. Una vez instalados y debidamente protegidos, se cablean a través de un tubo de protección hasta la galería de servicio de la viga cantil, donde irán los equipos de registro de datos automáticos que realizarán las lecturas durante la explotación del muelle.



Situación y profundidad de los extensómetros de varillas

Los equipos de medición y lectura de la instrumentación se distribuyen a lo largo de la galería de la viga cantil y se conectan a través de cableado a un router 4G que permite tener acceso a los datos en tiempo real, a través de un portal de visualización web. ■

Promotor: Autoridad Portuaria de Huelva

Proyectista: Increa Ingeniería

Ingeniero director de las obras: Alfonso Peña López-Pazo;
jefe del Área de Infraestructuras de la Autoridad Portuaria de Huelva

Presupuesto: 33 070 160,79 € (Sin IVA)

Ampliación de 526 m de la longitud de línea de atraque, el diseño permite incrementar el calado progresivamente según la necesidad hasta los 17 m.