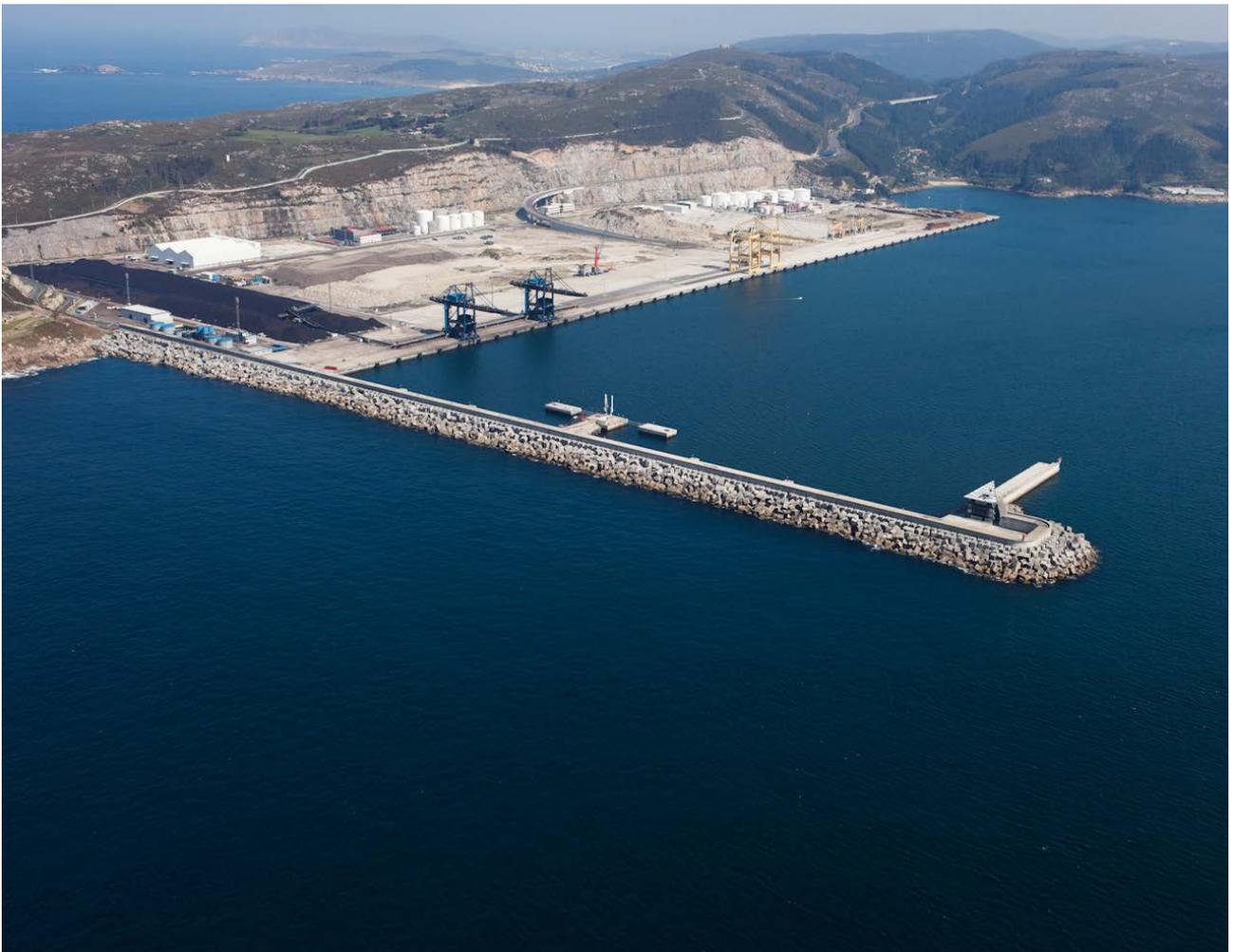


# Accesos ferroviarios al Puerto Exterior de Ferrol



Puerto Exterior de Ferrol.

- **Texto:** Jesús Busto Míguez,  
Responsable de la  
dirección de obra APFSC

La obra del Acceso Ferroviario al Puerto Exterior consiste en la construcción de una plataforma ferroviaria y sus instalaciones de seguridad, señalización y comunicaciones asociadas, de 6,4 km de longitud, de vía única de ancho mixto ibérico y métrico, con superestructura de vía en placa con carril embebido y que enlaza las vías que llegan al Puerto Interior de Ferrol con el más moderno y reciente Puerto Exterior, dotando así de acceso ferroviario a este último. Destacan como principales elementos del proyecto el túnel de Brión, de 5575 m de longitud, y el Puente sobre la Ensenada de A Malata con sus estructuras de acceso, con una longitud total de 506 m en viaducto.



Plano del trazado de la obra del Acceso con los dos puertos.

**Esta obra constituye** la conclusión de un proyecto clave para el desarrollo socio-económico de la comarca Ferrol-Ortegal y de Galicia que dio comienzo hace ya más de 20 años: el Puerto Exterior de Ferrol.

Este proyecto, cuyo origen se apoya en el fenómeno de la globalización surgido a finales del siglo pasado y en el enorme crecimiento de la movilidad de mercancías que aquel lleva asociado, especialmente de los tráficos marítimos, permite afrontar las nuevas dinámicas que se dominan el sector de

la logística y el transporte, siendo la tendencia a la operación de megabuques uno de los factores más determinantes.

En dicho entorno, los muelles del Puerto Exterior de Ferrol con calados de -20m pueden convertirse en un factor decisivo a la hora de posicionar al puerto en importantes cadenas de transporte internacionales, además de alejar los tráficos susceptibles de generar mayor incidencia ambiental de los núcleos poblacionales que se han consolidado cerca del puerto interior primitivo.

Se espera que la finalización de los accesos ferroviarios tenga

un impacto, aún en los escenarios de expectativa de tráficos futuros más conservadores realizados por la Autoridad Portuaria de Ferrol-San Cibrao, de extrema relevancia. Estos incrementos permitirán que el puerto actúe como polo de desarrollo económico y elemento cohesionador en la comarca en la que se ubica.

El Puerto de Ferrol es además un nodo de la red global Ten-T, muy cercanamente ubicado a infraestructuras de la Red Básica. Es además Puerto de Interés General en la red española, y está conectado con la Red Ferroviaria de Interés General nacional.

La implantación de un nuevo modo de transporte en el puerto exterior, y en concreto un nodo ferroviario, a través de la construcción del Acceso Ferroviario al Puerto Exterior, se trata de un proyecto claramente alineado con los objetivos de la UE para los próximos años. En concreto,

- Desarrolla la Red Ten-T, conectando las redes básica y global, en una región con pérdida poblacional evidente, generando mercado interior y claros beneficios socio-económicos.
- Se alinea con la mejora de la competitividad de la Unión a nivel mundial, impulsando un nodo marítimo importante, bien posicionado geográficamente para captar los tráficos de contenedores en la Fachada Atlántica Europea, tanto en tráficos *Import/Export* como *hub*, destacando el papel de la Terminal de Contenedores ubicada en el Puerto Exterior, concesionada a FCT.
- Constituye un impulso al comercio de la Unión, no sólo en sus redes internacionales, sin en sus redes interiores, generando un enlace marítimo de gran calidad también para servicios marí-

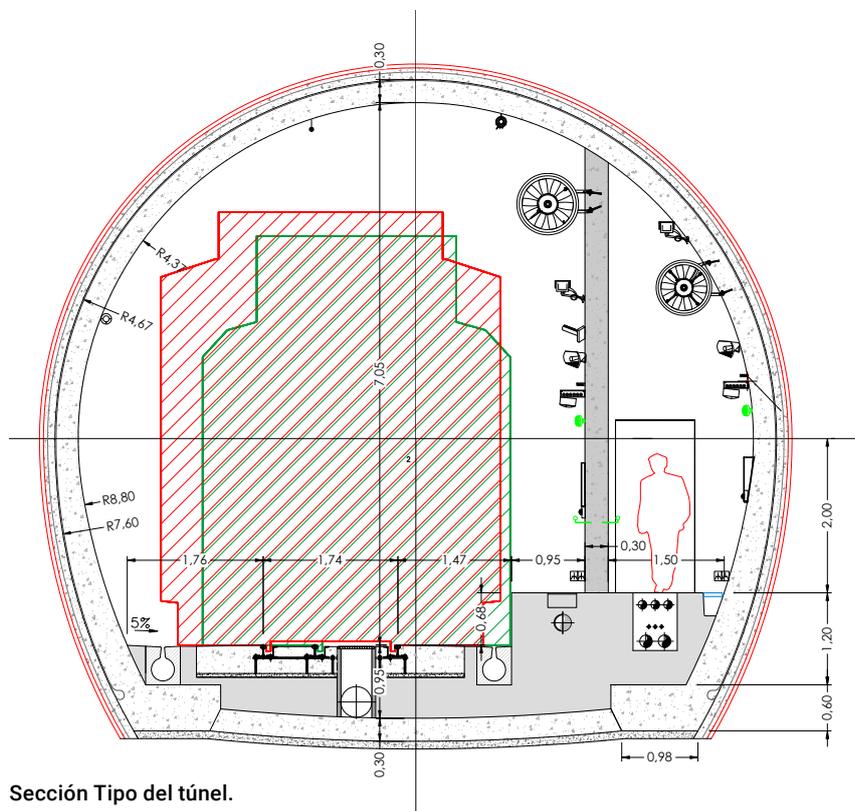
timos de corta distancia, que quedan interconectados así con las redes de carreteras regionales y ferroviarias, y muy cerca de los corredores europeos de mercancías.

- La actuación se alinea con la política comunitaria en materia de logística y transportes, impulsando la mejora de las redes ya existentes, eliminando cuellos de botella fomentando la intermodalidad.
- La actuación mejora el mercado interior y promueve un medio de transporte más competitivo y eficiente, promoviendo la transferencia modal hacia el ferrocarril, completando el espacio ferroviario europeo.
- Es una actuación que repercute en el necesario proceso de descarbonización del sector del transporte, potenciando un modo ambientalmente más sostenible y eficaz que el transporte por carretera, en un nodo de intercambio con un contexto incluso transfronterizo.
- Refuerza la función del Puerto de Ferrol como de nexo de todos los modos de transporte, lo que, unido a lo expresado con anterioridad, le hace participar de una economía azul.
- Se alinea con los objetivos nacionales del marco de Planificación de transporte y logística de España: El PITVI y la Estrategia Logística de España, establecen la integración de los puertos en la red ferroviaria como línea de actuación estratégica.

## Descripción de las obras

### Obras ejecutadas hasta la fecha

Los trabajos de construcción del Acceso Ferroviario al Puerto Exterior dieron comienzo de forma



Sección Tipo del túnel.

oficial en junio de 2017, tras la firma del acta de comprobación de replanteo por parte de la adjudicataria, la UTE S.A. de Obras y Servicios Copasa, Ogmios Proyecto S.L. y Geotunel S.L, por un importe de 72 498 200 € (I.V.A. no incluido).

Los primeros trabajos consistieron en la implantación de las zonas auxiliares en el emboquille Oeste del túnel de Brión, túnel de 5 575 m de longitud que permite la conexión física entre la ensenada de A Malata y el Puerto Exterior en Caneliñas. Tras la ejecución de las zonas de acopio de materiales, puntos de gestión de residuos, talleres de mantenimiento, estaciones de tratamiento de las aguas previas a su vertido al medio receptor, casetas y oficinas para el personal..., así como la instalación de otros elementos necesarios para la construcción del túnel por el Nuevo Método Austríaco (como la ventilación o los centros de transformación de energía), se comenzaron los primeros trabajos de excavación en el macizo de Brión a finales de octubre de 2017, y de

forma más efectiva en diciembre de 2017.

El túnel de Brión, (revista *Mitma* nº 688 noviembre 2018), es un túnel monotubo de 5 575 m de longitud y 224 m de montera máxima, con unas dimensiones de excavación de 10,4 m de ancho máximo y 9,25 m de altura vertical máxima. La sección media de excavación es de 72 m<sup>2</sup>, de modo que permite una sección libre, interior al revestimiento, de 58 m<sup>2</sup>, de los cuales 41 m<sup>2</sup> están destinados a la circulación ferroviaria. Esta división entre sección ferroviaria y de acceso peatonal y evacuación se materializa mediante la construcción de un tabique divisorio, y permite la independencia entre ambos espacios en situaciones de emergencia.

Durante las tareas de excavación y sostenimiento del túnel se han movilizado más de 430 000 m<sup>3</sup> de terreno en mina, se han colocado más de 54 000 bulones, 31 000 m<sup>3</sup> de hormigón proyectado con 1 128 t. de fibras metálicas de refuerzo, de modo que se completan los diferentes sostenimientos



Ensayo de emisión/inmisión de ruido, con ruido generado desde el interior del túnel.



Medida de emisión de ruido en vivienda de Brión.

que finalmente se han realizado a través de todo el macizo, y que se describen en la siguiente tabla.

En paralelo, la empresa contratista trabajó en la construcción de un depósito subterráneo de explosivos en los taludes laterales de las instalaciones portuarias. La puesta en servicio de esta instalación, en octubre de 2018, permitió acometer los trabajos de excavación de esta boca sin depender del suministro externo de explosivos, en un régimen de trabajo ininterrumpido de 24 horas durante los 7 días de la semana.

Los trabajos de excavación por la boca oeste se desarrollaron sin incidencias técnicas reseñables, extendiendo la empresa contratista los trabajos por esta boca hasta los 5 000 m de longitud, longitud alcanzada en agosto de 2021, 45 meses después de comenzar los trabajos en el frente del Puerto Exterior. Cabe señalar la situación generada por la necesidad de adaptar algunas de las actividades de excavación por esta boca (voladuras y trabajos de

picado de puntos en sección) al horario diurno, garantizando así el cumplimiento de la legislación de aplicación en materia de inmisión de ruidos, al paso de los trabajos bajo el núcleo poblacional de Brión. El seguimiento mediante sonometrías realizado por la APFSC en este periodo fue muy intenso, incluyendo una caracterización mediante una serie de sonómetros midiendo en diferentes puntos de forma simultánea, y un ensayo específico con foco emisor de ruido en el interior del túnel.

Los trabajos en el emboquille de entrada en la zona de A Graña se presumían ya más complejos desde el comienzo de la planificación de la obra que los del emboquille del Puerto Exterior, debido principalmente a las siguientes circunstancias:

- Presencia de servicios afectados que reponer en la zona, destacando una línea de media tensión, titularidad de Unión Fenosa, cuyos apoyos tuvieron que ser reubicados y sus conductores soterrados.

- Complejidad de accesos a la zona de trabajos a cota de plataforma desde los viales públicos, al existir una diferencia importante de cota y poca superficie para encajar viales, lo que generaba un fuerte desnivel.
- Complejidad de encaje de las instalaciones auxiliares en plataforma por escasez de espacio.
- Ubicación del emboquille en el enclave del núcleo tradicional de A Graña, núcleo habitado y conformado principalmente por edificaciones antiguas y en estados de conservación no siempre adecuados.
- Desarrollo de la excavación bajo la principal (en algunos casos única) carretera de acceso a los núcleos de A Graña, San Felipe y Brión, que discurre a escasos 4m sobre la clave del túnel, contenida por la pantalla de micropilotes, así como 28 m por debajo de la Rúa Real Alta. Es una calle con numerosas edificaciones habitadas y, a la vez, a menos de 7 m sobre el túnel de Acceso a la Estación Naval de A Graña, túnel

de mampostería del mediados del siglo XX y cuya operatividad debió garantizarse durante el desarrollo de las obras, al constituir el principal acceso a las instalaciones militares.

- Presencia de un elemento de gran valor ambiental, como la ría de Ferrol, al pie del emboquille.

Los elementos anteriores constituyeron unas importantes condiciones de contorno al desarrollo de los trabajos, a los que debe sumarse que, debido a la presencia, como se indicaba anteriormente, de núcleos habitados, y tal y como señalaba la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto, los trabajos se realizaron íntegramente por esta Boca Este, entre las 8 h y las 22 h, de modo que se limitasen notablemente las molestias generadas por los mismos.

Tras la realización de los preceptivos desbroces de la parcela, así como la demolición de las edificaciones existentes en la parcela expropiada en la que se ubica el emboquille y un acondicionamiento previo del terreno, se realizó una campaña geotécnica complementaria y un levantamiento topográfico de detalle, ya que no se había dispuesto de acceso a tal fin en la fase de redacción del proyecto constructivo. Una vez reencajados determinados elementos constructivos para poder adaptarlos a los datos obtenidos en campo, la ejecución de la pantalla anclada de micropilotes comenzaba en marzo de 2020, finalizando el vaciado del hueco en febrero de 2021, casi un año más tarde. La excavación se realizó íntegramente mediante medios mecánicos, sin recurrir al apoyo de voladuras, lo que limitó el impacto en las edificaciones cercanas.

A lo largo de varios días de los meses de febrero y junio de 2018



Cruce del túnel de acceso a la Estación Naval de A Graña (Túnel de A Graña).



Trabajos de refuerzo en el túnel de A Graña (Túnel de acceso a la Estación Naval de A Graña, Ferrol).

se realizó la campaña de investigación del estado del túnel de A Graña, infraestructura de acceso a la Estación Naval de la Armada Española en Ferrol, y sobre cuya clave discurre, con fuerte esvía, el nuevo trazado ferroviario a escasos 6 m de distancia. Tras la ejecución de tres líneas de geora-

dar, así como la extracción de una serie de testigos del paramento y un levantamiento topográfico de precisión, se procedió a la ejecución del refuerzo, más robusto que el planteado inicialmente en el proyecto constructivo.

Éste se realizó durante las tardes y noches de los meses de julio a



Trabajos de seguimiento.



Estación total robotizada instalada en el emboquille de A Graña.

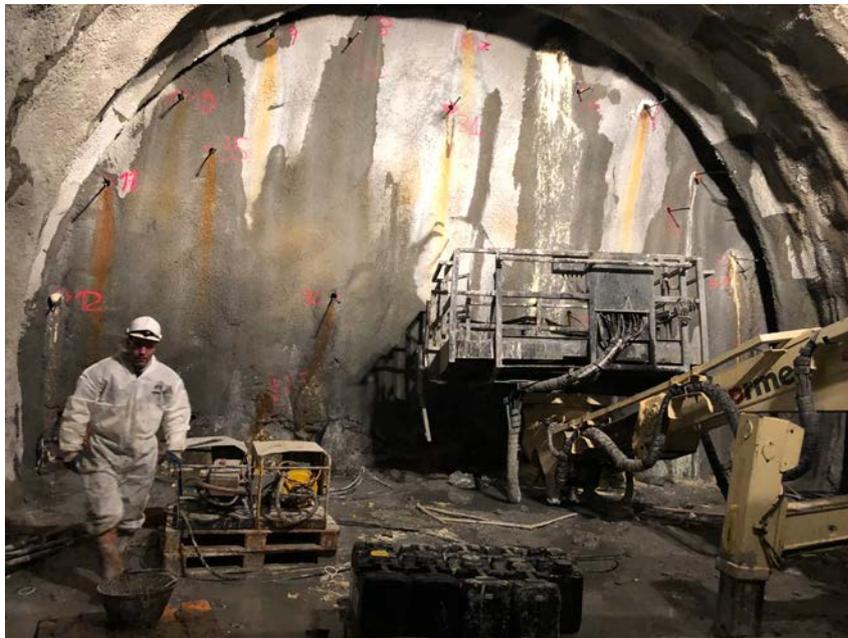
octubre de 2019 y consistió en la colocación de cerchas reticuladas embebidas en hormigón proyectado, y la ejecución de dos filas de bulones autopercutores en cada hastial. Además, se procedió a la inyección del trasdós del revestimiento existente mediante lechadas de cemento, de modo que se mejoraba la adherencia terreno-bóveda.

Con todo lo expuesto, los trabajos de excavación por el emboquille de entrada del túnel de Brión (emboquille este) arrancaron más tarde de lo planificado inicialmente, en marzo de 2021. Las producciones por esta boca, como era de esperar, resultaron muy limitadas en sus primeros metros, al estar fuertemente influenciadas por las limitaciones de los horarios de trabajo, la dependencia del suministro externo de explosivo y la adaptación de los avances a las restricciones impuestas por la UNE 22381 de vibraciones inducidas al terreno en presencia de edificaciones, así como por la necesidad de garantizar la estabilidad del terreno en estos metros iniciales, más comprometidos. Cabe señalar que, a tal fin, además de los medios habituales de control de ejecución en unidades semejantes (medición de convergencias, control mediante inclinómetros de las deformaciones del terreno en el emboquille o mediante secciones de control intenso en el interior del túnel con extensómetros de varillas y células de presión total...), la Autoridad Portuaria de Ferrol – San Cibrao instaló un seguimiento mediante estación total automatizada en varias construcciones en el rango de influencia del túnel, así como en la propia pantalla del túnel, y una auscultación mediante cadenas con sensores microelectromecánicos (MEMS) adhe-

ridas a los paramentos del túnel militar en tres secciones de la zona de cruce. En ambos casos, tanto en la auscultación de superficie, como en el caso del túnel militar, la información de los movimientos detectados era obtenida y enviada en tiempo real a servidores, pudiendo ser consultada por los técnicos responsables de la ejecución y del seguimiento de la obra en sendas aplicaciones *web*.

Si bien, los retos técnicos que se presentaban por la boca este del túnel de Brión eran notables, los trabajos se desarrollaron entre los meses de marzo de 2021 y abril de 2022 sin incidencias destacables, del mismo modo que todos los realizados por la otra boca. Como hito destacable, hay que señalar que el cale de ambas bocas se produjo el 11 enero de 2022, momento a partir del cual se dispuso de ventilación natural en el tubo, desarrollándose hasta entonces todos los trabajos en ambas bocas en fondo de saco y con ventilación forzada.

Emboquille este del túnel de Brión (zona A Graña).



Inyecciones de resina en el túnel de Brión.

En total, se excavaron un total de 5 575,38 m de túnel en mina a través de la unidad de Granodioritas de El Ferrol (GR), con una calidad geomecánica bastante similar a la estimada por el proyecto constructivo. Así, 1 399 m se eje-

cutaron en terrenos con índices de calidad de la roca (RMR) inferiores a 40, requiriendo sostenimiento pesado, frente a los 1 678 previstos en el proyecto constructivo original. El resto, en el entorno del 75 %, se aplicaron sostenimientos



ligeros con hormigón proyectado y bulones. Hay que destacar dentro de los terrenos atravesados, las siguientes zonas, bien por las dificultades del macizo o por la presencia de elementos externos singulares:

- El paso a través de La Falla de Cariño, situada entre los p.k. 5+274 y 4+947, con 327 m de longitud de terreno de calidad geotécnica mala o muy mala, y que además ha sido la zona que ha requerido del empleo de un mayor volumen de inyecciones de resinas para la consolidación del terreno y la disminución de la permeabilidad.
- Los terrenos cercanos al emboquille de entrada, en A Graña, con un total de 172 m iniciales bajos el Camino Vello y la Rúa Real Alta y otros 137 m, entre los p.k. 1+175 y 1+312, cercanos al punto de cale.
- El terreno, cercano a la falla de Cariño, en O Confurco, entre los p.k. 4+805,7 y 4+638,6 (167 m).

## Actuales y futuros trabajos

### Túnel

Una vez completada la excavación y sostenimiento primarios del túnel se ha procedido al escaneado completo de los paramentos para rectificar los puntos en sección y permitir la ejecución del revestimiento interior definitivo. Además, se está procediendo a la demolición del depósito subterráneo de explosivos para disponer así de mayor espacio en las instalaciones de obra para el montaje de los carros de encofrado del revestimiento y zonas de acopio.

Se acometerá, a partir de ahora, la colocación de los elementos de impermeabilización y drenaje del túnel, así como la ejecución de los muretes guía para el carro de revestimiento y aceras, la construcción de la contrabóveda central de cierre de la sección y el resto de elementos que conforman la obra civil del interior, de forma previa a

la ejecución de la superestructura de vía. Por supuesto, resultará también fundamental la ejecución de la bóveda de revestimiento con hormigón en masa reforzado con fibras de polipropileno, mediante el empleo de carros de encofrado auto-desplazables.

En relación también con el túnel, ya en un futuro más lejano, se acometerá la ejecución de las instalaciones de seguridad no ferroviarias (iluminación, ventilación, protección contra incendios, CCTV, etc.) así como la construcción del tabique divisorio que permita la separación de la zona de circulación ferroviaria de la zona de evacuación y zona segura y las instalaciones de seguridad y comunicaciones.

### Puente sobre la ensenada A Malata

En paralelo a los trabajos en el interior del túnel, se iniciará la ejecución del Puente sobre la Ensenada de A Malata y sus estructuras de





Instalaciones asociadas al túnel en el emboquille oeste (Puerto Exterior).

acceso, y la pasarela peatonal que conecta las dos orillas de la ensenada, y que discurre fundamentalmente asociada al viaducto.

Esta estructura se divide en dos tramos de tipologías diferentes:

El primer tramo, con una longitud de 210 m, situado entre el estribo 1 la pila y 11, es el viaducto de acceso situado sobre el muelle Fernández Ladreda que consiste en una losa de hormigón aligerada postesada.

El segundo tramo, que ha sufrido algunas modificaciones en fase de construcción, situado entre la pila 11 y el estribo 2, es el puente metálico que, con una longitud de 396 m, cruza la ensenada mediante una doble celosía continua de canto variable con tablero inferior. Además, con la finalidad de ganar cota en la propia explanada portuaria se ha diseñado una estructura, denominada "de acceso" consistente en una losa de hormigón armado maciza que sirve como soporte para la vía en placa.

Se describen a continuación las principales características de estos elementos.

- **Estructuras de acceso al puente sobre la ensenada de A Malata**

La losa, maciza de hormigón armado, se ejecuta directamente

sobre el terreno o sobre un relleno y se cimenta sobre una malla de micropilotes, situados de forma general formando una malla regular de 4 x 2 m, en sentido longitudinal y transversal respectivamente. Los micropilotes tienen un diámetro de 185 mm y una longitud aproximada de 31,5 m para empotrarse al menos 8,5 m en el sustrato rocoso con grado de alteración III o inferior. Debido a las características del terreno superior, relleno de muelle, escollera y fangos de ría, los micropilotes deberán ejecutarse encamisados hasta alcanzar el sustrato rocoso que atraviesan los estratos de relleno del muelle hasta empotrarse en roca.

Esta losa es el resultado de dotar de cimentación profunda a la estructura diseñada en el proyecto constructivo original y prolongarla hasta el estribo 1 del viaducto. De este modo, se evitan problemas de deformaciones en la vía vinculadas a asientos de la plataforma, mejorando la funcionalidad de la solución y, además, evita la solución en cajón diseñada en proyecto constructivo para los metros anteriores al viaducto.

- **Viaducto sobre el muelle Fernández Ladreda.**

Esta estructura permite ganar cota sobre las instalaciones portuarias, de modo que se garantice el gálibo de navegación sobre la ría de Ferrol impuesto sobre el proyecto. Se trata de un tablero de losa postesada continua de canto constante, de hormigón postesado, formada por 11 vanos entre el Estribo E1 y la pila P11. Los vanos centrales tienen una luz de 20 m mientras que los vanos extremos tienen una luz de 15 m. Las entregas en los extremos son de 0,50 m, siendo por tanto la longitud total del viaducto 211 m.

En este tramo, la estructura tiene una anchura de 11,90 m, de los cuales la losa ocupa 8,57 m distribuidos de la siguiente manera: barandilla peatonal (0,40 m), paseo para inspección/evacuación (1,50 m), que incluye una canaleta de comunicaciones + corredor (0,65 m) + vía en placa (3,47 m) + corredor (0,87 m) + vía de evacuación (1,28 m), que incluye una canaleta de comunicaciones + barrera anti-vandálica (0,40 m). En la parte derecha según el sentido de avance kilométrico, se cuenta



con un voladizo de 3,33 m de longitud que alberga la pasarela peatonal (3,00 m) y una imposta sobre la que se sitúa una barandilla metálica (0,33 m). El eje de los apoyos de catenaria se encuentra a la izquierda según el sentido de avance kilométrico a una distancia de 3,23 m del eje de la estructura.

El canto máximo de la losa es de 1,08 m con un bombeo del 2 %, siendo el canto mínimo 1,00 m, lo que supone una esbeltez de 1/20.

La losa se aligera mediante nueve cilindros de poliestireno expandido de 60 cm. de diámetro, con su centro situado a 50 cm. de la cara inferior de la losa.

Las cimentaciones de todas las pilas y estribos son profundas formadas por pilotes de 1,20 o 1,50 m de diámetro que atraviesan los estratos de relleno del muelle hasta empotrarse en roca. Para su ejecución se ha previsto el empleo de una camisa hasta alcanzar el estrato rocoso.

Para facilitar la ejecución la cota inferior de todos los encepados, a excepción del estribo 1, se ha situado sobre el nivel de

Pleamar Máxima Viva Equinocial (PMVE).

Las pilas son fustes apantallados con los extremos redondeados a excepción de las pilas 1 y 2 donde el tablero reposa directamente sobre sendos cargaderos pilotados, ya que no hay altura suficiente para disponer una pila.

La pila 11 resulta en una pila singular, ya que es común para ambas estructuras, recibiendo el apoyo del final de la losa de acceso y el primer vano metálico.

La cimentación de dicha pila está formada por seis pilotes de 1,20 m de diámetro, separados entre sí 3,60 m en dirección longitudinal y 4,00 m en dirección transversal y arriostrados mediante un encepado de arriostrados con un encepado de 10,50 x 5,30 x 1,50 m.

De acuerdo con la longitud total del puente, se ha decidido situar dos puntos fijos, uno en cada uno de los estribos dejando una junta de dilación sobre la pila 11, donde además se situará un aparato de dilatación de vía. De esta forma se independiza el comportamiento estructural de las dos tipologías y se sitúa el aparato de dilatación de vía

en una zona de fácil accesibilidad desde el muelle, alejado del emboquille del túnel.

El estribo 1, que se ubica en el muelle del puerto interior, tiene una altura de 2,84 m, y es el punto fijo longitudinalmente de la losa posteada.

La construcción de la losa de acceso se hará mediante el avance por tramos sucesivos con cimbra apoyada en el terreno una vez se haya lanzado el puente metálico.

#### ● **Puente sobre la ensenada de A Malata**

Esta estructura ha sufrido algunas modificaciones con respecto al proyecto constructivo, principalmente adaptando el proceso de ejecución, de modo que se adecúe a las realidades topográficas y geotécnicas detectadas en fase constructiva. Es de destacar que existe una limitación importante de ejecución en cinco meses de la parte marítima para limitar el impacto sobre las actividades marisquearas que las cofradías de pescadores y mariscadores locales realizan sobre el banco existente en la ubicación de las pilas.

Así, se ha dotado de continuidad al tablero metálico, de

forma que pueda colocarse en su posición definitiva mediante la técnica de lanzamiento o empuje, salvando así las limitaciones para posicionar pontonas de altas capacidades de carga en los vanos extremos. Además, se han minimizado los trabajos de subestructura mediante el empleo de pilas pilote, reduciendo también así las ocupaciones de la lámina de agua y los potenciales impactos ambientales a la Ría de Ferrol.

El resultado es una estructura que consta de un único tablero continuo de 7 vanos, con luces de 45 m + 5 x 63 m + 36 m entre ejes, que dan lugar a una longitud total de 396 m.

El tablero consiste en una doble celosía continua de canto variable con tablero inferior. Las vigas celosía están dispuestas en los extremos y separadas entre sí 7,97 m entre ejes. Las celosías se han planteado tipo Warren, con canto variable, máximo de 6,20 m en apoyos, y mínimo de 3,00 m en centros de vano y vanos de compensación extremos, lo que supone unas esbelteces aproximadas de L/10 en apoyos y L/21 en centro de vano.

La luz libre a caras interiores de arcos es de 7,37 m, permitiendo la ubicación ordinaria de los apoyos de catenaria donde se albergan los paseos, canaletas de conducciones y poste de catenaria, distribuidos de la siguiente manera: espacio para poste de catenaria (0,90 m), entre postes de catenaria se dispondrá una acera y una barandilla peatonal + canaleta de comunicaciones (0,40 m) + corredor (0,65 m) + vía en placa (3,47 m) + corredor (0,87 m) + vía de evacuación (1,08 m), que incluye una segunda canaleta de comunicaciones.

El eje de los apoyos de catenaria se encuentra a la izquierda según el sentido de avance kilométrico a una distancia de 3,23 m del eje de la estructura.

A cara exterior de la celosía derecha se adosa la pasarela peatonal de 3 m de anchura, con un larguero trapecial de 0,40 de ancho máximo.

Los cordones superior e inferior son cajones estancos que se unen a través de 8 diagonales en la zona situada sobre pilas y con unas chapas ciegas en centros de vanos y vanos extremos de compensación donde la distancia entre cordones es menor y no se pueden mantener las diagonales.

Los cordones inferiores están unidos entre sí mediante una serie de vigas mixtas transversales, separadas 4,50 m en sentido longitudinal, que soportan una losa de hormigón que sirve de tablero para alojar la plataforma ferroviaria. Las vigas transversales son secciones abiertas doble T excepto en apoyos donde se transforman en cajones cerrados. La losa no está conectada transversalmente a los cordones, por tanto, el comportamiento mixto solo se ha considerado para la flexión positiva.

Las vigas transversales tienen continuidad a cara exterior del cordón inferior de la celosía derecha, transformándose en ménsulas que sirven de apoyo para la pasarela peatonal.

Las pilas del puente metálico sobre la ría están formadas por parejas de fustes pila-pilote con un dintel superior.

Los fustes tienen un diámetro de 2,00 m y los pilotes tienen un diámetro de 2,00 m con una camisa metálica de 12 mm de espesor.

Desde el punto de vista de su ejecución hay que diferenciar dos grupos de pilas: las pilas marítimas, pilas 13 a 16, cuya ejecución debe realizarse desde el agua mediante el uso de pontonas y pilas terrestres, pilas 12 y 17, que se ejecutan desde tierra.

Los pilotes deben empotrarse dependiendo de su emplazamiento entre 2 y 3,5 diámetros en roca con  $GM \leq III$ . La ejecución de los pilotes se realiza de forma que la camisa se prolonga hasta 0,50 m por encima del nivel PMVE. Los pilotes se equiparon con 6 tubos metálicos unidos a la armadura para realizar ensayos sónicos e inyectar la punta de todos los pilotes.

La separación transversal entre fustes es de 7,97 m coincidiendo con la separación entre ejes de los cordones de la celosía metálica del tablero. Los dos fustes están anclados a un dintel superior de hormigón armado de 10,27 m de longitud por 2,30 m de anchura y 1,80 m de canto, sobre el que se apoyan las vigas celosía.

El proceso constructivo previsto para la ejecución del tablero es el montaje secuencial y ensamblaje de tramos de las celosías, sobre las pilas del viaducto de acceso para su posterior lanzamiento hasta su posición definitiva. El lanzamiento se realizará en sentido ascendente de forma que no serán necesarios medios auxiliares para la retenida provisional del puente.

Las fases previstas para el lanzamiento serán:

En la primera fase se monta una longitud de puente algo superior a los dos primeros vanos completos, aproximadamente 106,55 m y se empuja 45 m hasta alcanzar la pila P-12.

En las siguientes fases 2 a 5 se ensamblan sucesivamente, tramos de 63 m, excepto el segundo tramo a ensamblar que es de 58,50 m y se empuja el conjunto 63 m hasta alcanzar las sucesivas pilas.

En la última fase, se ensamblan el tramo de celosía restante y se empuja hasta la posición final, sobre el estribo 2.

#### ● Paseo peatonal

El proyecto plantea, como medida compensatoria a los impactos del proyecto, la ejecución de un itinerario peatonal que une ambas orillas de la ensenada de A Malata, conectando así el actual paseo, muy cercano al caso histórico de la ciudad, con el núcleo de A Graña. Se genera así un itinerario de gran valor paisajístico y efectivo desde el punto de vista de los desplazamientos diarios de los habitantes de la zona.

El tramo discurre inicialmente adosado a la estructura, elevándose a la par que esta para atravesar la lámina de agua. Desde el último vano de la celosía la pasarela se independiza del tablero mediante apoyos al terreno. Esta rampa de descenso consta de dos únicos vanos de 10,50 m y 10,0 m de luz entre ejes de apoyos. Se trata de una

estructura integral compuesta por una losa superior de hormigón armado de 30 cm de canto en el eje y bombeo del 2 %. El ancho total de la losa es de 3,28 m y cuenta con una barrera anti-vandálica en el extremo izquierdo y una imposta con una barandilla metálica en el derecho según el sentido del descenso hacia el estribo 2.

La tipología estructural elegida es la que ofrece las mayores ventajas desde los puntos de vista estructural y económico ya que al tratarse de una estructura integral, los desplazamientos esperados serán muy pequeños y las operaciones de mantenimiento necesarias mucho más reducidas.

Por último, el itinerario se completa, ya a cota de terreno, con un tramo que discurre paralelo a la ría hasta desembocar en el dique de mareas de A Cabana, elemento patrimonial de importante valor.

En este proyecto, el itinerario ha sido adaptado para que se trate de un itinerario totalmente accesible.

### Un puerto del siglo XXI

El Puerto Exterior de Ferrol nació con vocación de atender a grandes

buques y el objetivo es consolidarlo como un nuevo puerto hub y puerto gateway para la península ibérica desde el Atlántico. Sus características - con 900 000 m cuadrados de superficie, 1 500 m de longitud de muelle y 20 de calado - le permite acoger a buques de gran tamaño. Su idónea localización respecto a las grandes rutas potenciadas con la ampliación del Canal de Panamá, unido a la reducida escala de los puertos de contenedores a lo largo de la fachada atlántica ibérica y europea, representan una clara oportunidad de desarrollo de esta dársena como una de las terminales hub de la fachada atlántica europea, contribuyendo de manera sustancial al posicionamiento logístico del territorio español en el mapa mundial, objetivo del PITVI y de la Estrategia Logística nacional de convertir a España en una gran plataforma logística.

Con la conclusión de los accesos ferroviarios, el Puerto Exterior pasará a ser un puerto de importancia global, que aumentará su volumen de toneladas de tráfico de mercancías, su valor agregado bruto y generará nuevos empleos, ampliando además la competitividad de las industrias de la zona. ■

Vista del emboquille y boca del túnel este desde el Puerto Interior (zona A Graña).

