

La nueva N-232 en el puerto de Querol mejora la conexión Mediterráneo-Aragón y salda una reivindicación histórica



Viaducto del barranco de la Bota y las curvas que suprime.

Ingeniería para vertebrar territorios

- Texto: Javier R. Ventosa
Fotos: DCE Comunidad Valenciana

La labor de la ingeniería de caminos es fundamental en la vertebración territorial. Lo ha demostrado con creces con la *domesticación* del puerto de Querol y sus 68 temidas curvas, obstáculo de primer orden que históricamente ha dificultado la conexión entre Castellón y Teruel. La construcción de un nuevo trazado de la N-232 en el puerto, una actuación con grandes exigencias técnicas y medioambientales, ha mejorado la movilidad, conectividad y seguridad de este corredor, y salda la reivindicación de una conexión digna planteada durante décadas por las comarcas de esta montañosa zona de la España vaciada.

El Ministerio

de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Mitma) ha puesto en servicio el tramo Barranco de la Bota-Masía de la Torreta, primero de los dos en que se divide el proyecto de acondicionamiento de la N-232 en el puerto de Querol (Castellón), considerado como el último gran *cuello de botella* de esta carretera que enlaza la Comunidad Valenciana y Aragón. El acto de inauguración, el pasado 20 de julio, estuvo presidido por el presidente del Gobierno, Pedro Sánchez, y contó con la asistencia del presidente de la Comunidad Valenciana, Ximo Puig, y la titular de Mitma, Raquel Sánchez, entre otras autoridades.

El acondicionamiento ha consistido en la construcción de un nuevo trazado de carretera en una zona de orografía montañosa y gran valor ambiental, donde los conductores circulaban por un trazado anticuado con parámetros geométricos y de plataforma inadecuados (calzada estrecha, curvas de radio muy cerrado, pendientes muy pronunciadas y problemas de vialidad invernal) y velocidades de 30 km/h

según zonas, que durante décadas ha obstaculizado la conexión viaria entre Castellón y Teruel. En su lugar se ha implantado una carretera de última generación con un nuevo trazado que, apoyado en varios viaductos, mejora la capacidad, la funcionalidad y la seguridad de la carretera existente al ensanchar la plataforma, suavizar las pendientes y suprimir las temidas *voltes* de Vallivana. El nuevo trazado acorta el anterior trayecto en 2 km y disminuye el tiempo de recorrido en unos 15 minutos.

Esta actuación se enmarca a su vez en un proyecto más amplio, el acondicionamiento de la N-232 en la zona del Maestrazgo entre Castellón y Teruel, que por su relevancia y volumen de inversión es una de las grandes obras de modernización de una carretera convencional en España en los últimos años. El acondicionamiento del puerto de Querol, de 12 km de longitud, es la parte final del proyecto. Por ello, la puesta en servicio del tramo Barranco de la Bota-Masía de la Torreta, primero y más complicado de los dos segmentos de la N-232 en el puerto, es un paso casi definitivo para su finalización, que culminará con el segundo tramo, Masía de la

Torreta-Morella Sur, cuyo proyecto de trazado ya ha sido aprobado por Mitma.

Beneficios del tramo

La puesta en servicio del tramo mejora un corredor que conecta y vertebra desde Vinaròs en el Mediterráneo hasta Santander en el norte peninsular a través del valle del Ebro, permitiendo una rápida conexión entre el mar y el interior. A nivel local supone un salto de calidad en las comunicaciones y la vertebración de las comarcas de Els Ports y Baix Maestrat (Castellón) y Matarraña y Bajo Aragón (Teruel), territorios de montaña emplazados en las sierras del Maestrazgo que históricamente han reivindicado la modernización de la N-232 como forma de reducir la sensación de aislamiento y las distancias físicas y psicológicas generadas, sobre todo en invierno, por el puerto de Querol y sus curvas, de cuya supresión han oído hablar durante décadas. Esta sensación se ha ido atenuando con las progresivas mejoras introducidas en la N-232 en la zona, ahora dotada de una conexión viaria moderna entre el interior y las ciudades de la costa.

Con el acondicionamiento del tramo de Querol, último puerto de montaña de la Red de Carreteras del Estado que quedaba por modernizar en el itinerario de la N-232 en la Comunidad Valenciana, se refuerza el potencial de esta carretera nacional, cuyo volumen de tráfico en esta zona (3 300 vehículos, con un 16 % de pesados en 2021) ha crecido desde julio. Se espera que el nuevo itinerario tenga un impacto favorable en el turismo con destino a las playas del norte de la Comunidad Valenciana y el sur de Cataluña, no solo entre los aragoneses que disponen de segundas residencias en la costa



Vista panorámica del puerto de Querol.

mediterránea –muchos optaban por otras alternativas para evitar el puerto castellonense–, sino también en los precedentes de otras comunidades situadas en el área de influencia del corredor A-68/N-232, como La Rioja, Navarra y País Vasco.

Otros sectores de la economía provincial favorecidos por el nuevo tramo son el agroalimentario y la industria cerámica. En relación a esta última, desde la apertura del tramo se ha registrado un trasvase casi inmediato a la nueva N-232 de la mayor parte de los camiones que antes circulaban por itinerarios alternativos más largos para transportar los cargamentos de las minas de arcilla de Teruel a las fábricas de cerámica de Castellón. En este sentido, la implantación de un carril adicional para vehículos pesados en el puerto de Querol ha hecho este itinerario más atractivo, además de aumentar la seguridad respecto a la anterior carretera.

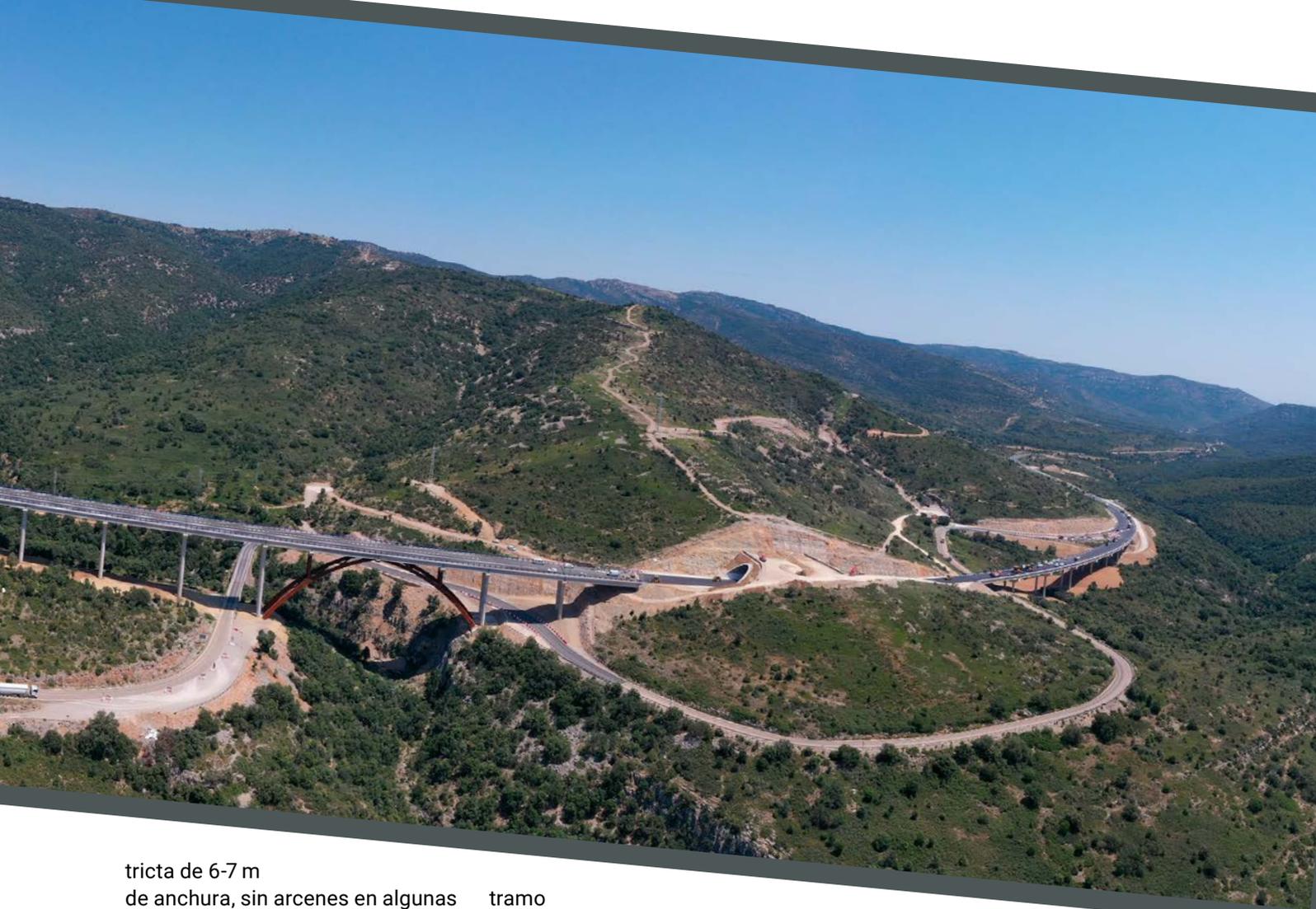


El nuevo trazado

La construcción del tramo se ha realizado entre junio de 2017 y julio de 2022. Como promotor de la actuación, Mitma ha invertido 51,2 M€, de los cuales 47,6 M€ corresponden al contrato de obras y el resto a los costes de las expropiaciones, la redacción del proyecto de construcción y el contrato de control y vigilancia de las obras. Bajo la dirección de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, la obra ha sido ejecutada por la UTE Puerto

Querol (Pavasal, Construcciones Sarrión y Nortúnel) y el control y vigilancia de la obra ha corrido a cargo de la consultora Tyspa.

La obra de acondicionamiento ha consistido en la ejecución de una carretera de nuevo trazado en el puerto de Querol a través de los montes de Vallivana (término de Morella). En este tramo, de unos 12 km de longitud, la carretera existente presentaba unas características de trazado inadecuadas que convertían la subida al puerto en una pesadilla: una sección es-



tricta de 6-7 m de anchura, sin arcones en algunas zonas, con 68 curvas de radios mínimos, algunas de 15 m (las *voltes* de Vallivana), y un puente que no permitía el cruce simultáneo en los dos sentidos. A ello se unía, en la ascensión al puerto, la pronunciada inclinación de la rasante (en algún tramo superior al 10 %) y las desfavorables condiciones de vialidad en invierno, ya que la zona está situada a unos 1000 m sobre el nivel del mar.

El nuevo trazado tiene 7 713 m de longitud (9 100 m incluidos los ramales), presenta un radio mínimo de 500 m y una pendiente máxima del 6 %, y está proyectado para una velocidad de 80 km/h. Discurre aprovechando en buena medida el corredor ocupado por la N-232 para minimizar la afección ambiental a nuevas zonas de los montes de Vallivana, ofreciendo una mejor adaptación al relieve. Se distinguen dos partes: la subida al puerto, el

tramo orográfica y técnicamente más complejo, donde se ha construido una sucesión de estructuras para suavizar la pendiente; y el tramo a partir de la coronación del puerto, de pendiente más amable y menor exigencia técnica. Dada la reducción de la pendiente máxima de ascenso al puerto (se pasa del 10 al 6 %) y la menor longitud de desarrollo, el nuevo trazado pierde cota respecto a la antigua N-232 y en la coronación del puerto cruza en túnel por debajo de la misma. El nuevo tramo consta de una calzada con 2 o 3 carriles (un carril por sentido y un carril adicional en rampa para vehículos lentos en el ascenso al puerto) de 3,5 m de ancho, arcones de 1,5 m y bermas.

A lo largo del mismo se han construido 11 puentes (nueve viaductos y dos pasos inferiores de enlace), la mayor parte (7) en la subida al puerto. Los dos viaduc-

tos restantes se sitúan una vez superado el puerto y sobre el río Bergantes, antes del final del tramo. También se han construido dos túneles: el que cruza bajo el collado del puerto y un falso túnel justo antes del barranco de la Bota. Superado el puerto, además, se ha dispuesto el único enlace del tramo, con la CV-111 a la Vallibona y con la antigua nacional, que funcionará como vía de servicio.

En la mayor parte de los desmontes se han tenido que realizar obras de estabilización para proteger y sostener los taludes, dado que durante las excavaciones se registraron procesos de inestabilidad en los mismos. Entre estas actuaciones figuran la aplicación sistemática de bulones, malla de triple torsión, malla de cables de acero, drenes californianos, geomallas y hormigón proyectado.

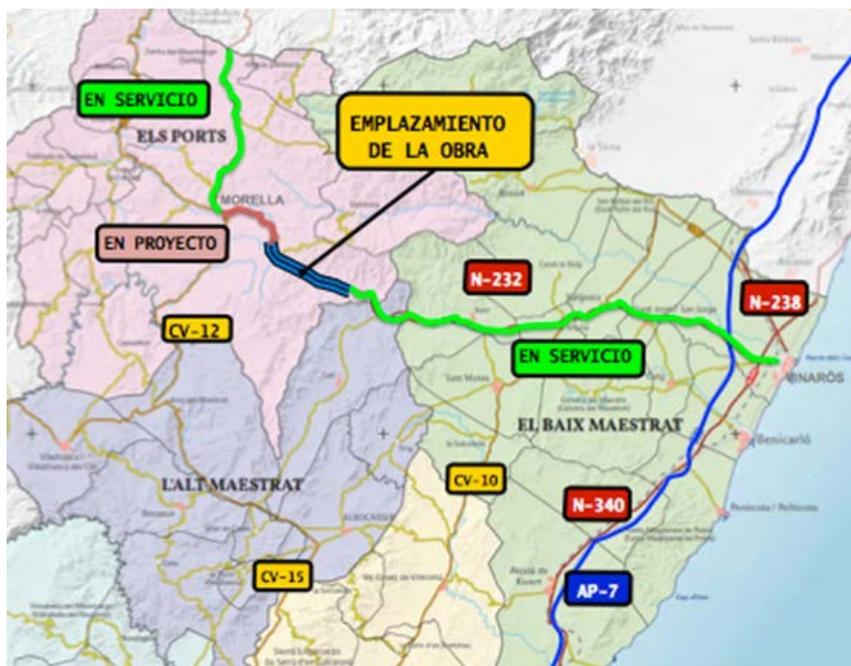
La N-232 entre Castellón y Teruel

La carretera N-232 (de Vinaròs a Santander) es uno de los principales itinerarios viales entre el norte peninsular y las costas norte de Castellón y sur de Tarragona. Con los años, el trazado de esta vía convencional se ha modernizado y en algunas zonas se ha ampliado la capacidad mediante su transformación en la autovía A-68. Esta transformación continúa hoy en el corredor del Ebro, con obras en marcha en Logroño y Zaragoza, y da sus pasos iniciales con la redacción de los primeros proyectos en Teruel.

En su extremo oriental, la N-232 ejerce como principal vía de comunicación entre las comarcas del Maestrat y Els Ports (Castellón) y las del Matarraña y Bajo Aragón (Teruel). En esta zona, la N-232 sigue un trazado sinuoso del siglo XIX a través de la orografía montañosa del Maestrazgo, particularmente el tramo entre Xert (Castellón) y Ráfales (Teruel), de 60 km, que incluye los puertos de Torremiró y Querol. Pese a algunas actuaciones puntuales de mejora, este tramo ha sido durante décadas un obstáculo para la conexión Comunidad Valenciana-Aragón.

En los últimos lustros, el Ministerio ha modernizado las características y trazado de la N-232 en esta zona. Inicialmente se acondicionaron los tramos castellonenses Vinaròs-Xert, Xert-Barranco de la Bota y el del puerto de Torremiró, y se construyó la variante de la Pobla d'Alcolea. En marzo de 2019 entró en servicio el tramo Límite Provincial Castellón/Teruel-Ráfales (14,1 km), principal punto conflictivo de la N-232 en Teruel, resuelto tras una gran obra de ingeniería que requirió una inversión de 65,5 M€.

El puerto de Querol es la última fase del acondicionamiento de la N-232 en la zona. En julio, Mitma inauguró el primer tramo, Barranco de la Bota-Masía de la Torreta (7,7 km), y aprobó el proyecto del segundo, Masía de la Torreta-Morella Sur (4,8 km, inversión de 18,7 M€). Con esta obra concluirá la modernización de la N-232 entre Castellón y Teruel, una de las grandes actuaciones en vía convencional de los últimos años, con una inversión superior a 150 M€.



Una vez ejecutadas, se han dispuesto elementos de auscultación y seguimiento de la evolución de los taludes (piezómetros e inclinómetros) y se han controlado las deformaciones de los taludes mediante láser escáner.

Túneles y viaductos

Como elementos constructivos principales del tramo destacan el túnel de Querol y la ejecución de los viaductos, particularmente el que salva el barranco de la Bota, la obra emblemática del tramo. El túnel de Querol, de 192 m de longitud, tiene una sección considerable (142 m²) dado que alberga tres carriles (2 de subida y uno de bajada, más arcenes y aceras). Se ha excavado según el Nuevo Método Austriaco (NATM), mediante perforación y voladura, en fases sucesivas de avance y destroza, aplicándose un sostenimiento reforzado a base de cerchas, bulones y hormigón proyectado para disminuir el riesgo de las inestabilidades detectadas. El revestimiento ha consistido en la ejecución de una bóveda de hormigón en masa de 30 cm de espesor.

Los nueve viaductos, que suman 1 675 m de longitud, son estructuras de tipología similar, con un tablero formado por vanos isostáticos de vigas doble T prefabricadas de hormigón, prelasas prefabricadas y losa hormigonada *in situ*, sostenido por pilas de 1,50 m de diámetro y cimentación mediante zapatas. La anchura de los tableros oscila entre 11,55 y 15,90 m. Para el montaje de las vigas del tablero se ha empleado un equipo lanzavigas con objeto de minimizar la afectación ambiental en el fondo de las vaguadas y evitar tener que hacer pistas de acceso para las grúas y las vigas. El lanzavigas, de 80 m de longitud, ha permitido salvar los vanos de 40 m de luz entre apoyos. El



Equipo lanzador de vigas empleado en la ejecución de los viaductos.



Boca sur del túnel de Querol.

Jumbo de perforación en acción en el túnel de Querol.



Integración ambiental en el puerto

El nuevo tramo es un ejemplo de cómo minimizar el impacto ambiental de una carretera e integrarla en un entorno protegido, en este caso los montes de Vallivana, que acogen dos espacios de la Red Natura 2000, con las mejores masas de encinares de la Comunidad Valenciana. Desde la elección del trazado en la fase de proyecto (sobre el corredor existente en vez de una nueva variante), hasta la ejecución de estructuras *ad hoc* y el empleo de técnicas constructivas “amables”, se ha hecho un esfuerzo para reducir la afección ambiental y encajar el trazado en la montaña. De la importancia de este capítulo habla la inversión en medidas de protección e integración ambientalw cerca del 15 % del presupuesto de obra.

Como medidas para minimizar el impacto de la obra destaca el empleo de un equipo lanzavigas en vez de grúas para montar las vigas de los viaductos, evitando así la afección en las vaguadas y la ejecución de pistas de acceso para grúas y vigas. En las zonas de media ladera entre viaductos, donde

la pendiente es muy acusada, se han construido numerosos muros ecológicos de escollera para minimizar los derrames de tierra hacia dichas vaguadas, sobre los que se han plantado especies autóctonas para reducir el impacto visual. Como medida propia de la economía circular, todos los materiales procedentes de excavación se han reutilizado para la ejecución de muros de escollera, muretes de gaviones, sueloce-mento, zahorras y áridos, haciendo innecesario el aporte de material externo.

Otras medidas implementadas han sido la ejecución de un túnel en mina para minimizar los movimientos de tierra y de un falso túnel para evitar el impacto visual de un gran desmonte, la adaptación de estructuras, túneles y obras de drenaje para el paso de fauna, la construcción de dos pasos inferiores específicos, la instalación de pantallas acústicas fonoabsorbentes, la restauración de zonas alteradas y la transformación de la antigua N-232 en un camino de servicio para acceder a las fincas colindantes.



Muro de escollera ejecutado entre dos viaductos.

elevado rendimiento alcanzado con este sistema auxiliar ha acelerado la ejecución de las estructuras, que se han construido en cadena.

Un viaducto singular

El cruce de la nueva N-232 sobre el barranco de la Bota ha sido la obra más exigente del proyecto, ya que a las restricciones medioambientales (la DIA no permitía pilas ni elementos auxiliares de construcción en el cauce) se ha sumado una estructura compleja. En esta zona se ha ejecutado un puente de 482 m de longitud distribuidos en 11 vanos ($2 \times 36 + 102 + 3 \times 36 + 5 \times 40$), de la misma tipología de tablero que los otros viaductos, con altura máxima de 60 m. Su singularidad radica en el vano principal sobre el cauce, en el que se ha dispuesto un arco metálico inferior apuntado en alzado y de directriz curva de planta para ajustarse al trazado curvo de la carretera, que es el primero de su tipo en España. El arco, de acero corten (resistente a la corrosión), lo forman dos cajones cerrados de 1,20 m de ancho y canto variable desde 1,80 m en los arranques hasta 1,20 m en la clave.

El ensamblaje y posterior montaje del arco se ha realizado en dos fases, mediante uniones soldadas. En la primera, en taller, se han conformado los cajones y diagonales por tramos; en la segunda, en obra, se han ensamblado las diagonales que unen ambos cajones en cada tramo, izándose y colocándose las piezas en su posición definitiva. El montaje de las nueve piezas del arco se ha realizado con el lanza-vigas, readaptado a una longitud de 140 m y apoyado entre las pilas de arranque del arco, con ayuda de atirantamientos provisionales. El resultado final es un viaducto espectacular que vuela sobre el barranco y prácticamente sobre el



Secuencia del montaje del arco del viaducto del barranco de la Bota.



Enlace de Vallibona.

Unidades de obra

Excavación (incluye túnel)	940 373 m ³
Terraplén/pedraplén	567 007 m ³
Relleno falso túnel	22 320 m ³
Escollera	59 642 m ³
Superficie muros escollera	10 295 m ²
Acero corrugado	4 656 000 kg
Acero laminado	1 277 558 kg
Vigas prefabricadas	9 628 m
Malla protección taludes	35 094 m ²

puente de la antigua carretera, que se construyó en los años 40 del pasado siglo.

Otras estructuras y firme

El capítulo de estructuras del tramo se completa con dos pasos inferiores (estructuras de un solo vano sobre la glorieta del enlace de Vallibona, formadas por un tablero de 12,30 m de ancho formado por vigas doble T y prelasas), dos pasos de fauna (marcos de hormigón armado de 7 m de luz y 4 m de altura, con longitudes de 34 y

16,85 m) y nueve obras de drenaje transversal (marcos de hormigón armado de 2x2 m, de 14 a 47,5 m de longitud), así como un falso túnel (una bóveda de hormigón armado de espesor variable, con sección de 122 m y longitud de 50 m).

Respecto al firme, la solución elegida para el tronco presenta una configuración formada por 20 cm de suelocemento sobre una explanada E3, sobre las que se han dispuesto 15 cm de mezclas bituminosas en caliente (5 cm de AC16SURF, 5 cm de AC16 BIN y 5 cm de SMA 16BASE antifisuras). ■