

El adiós definitivo al paso histórico de Despeñaperros



Juan Diego Romero Martínez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Gerente. Nueva Calzada Despeñaperros.
Andalucía Obra Civil-FCC Construcción



Ignacio Ferraro Santiago
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Jefe de Obra. Nueva Calzada
Despeñaperros. Andalucía Obra Civil-FCC
Construcción

Resumen

La A-4, a su paso por el desfiladero de Despeñaperros (Jaén), seguía utilizando con mínimas modificaciones el trazado construido por el ingeniero Carlos Lemaury durante el reinado de Carlos III para comunicar la Meseta con Andalucía.

Las necesidades de los vehículos actuales, tan alejadas de las de carros y diligencias del siglo XVIII, hacían imprescindible un nuevo trazado que, con unas características geométricas de una autovía de última generación, eliminara este paso como punto negro del viario nacional.

La actuación realizada por el Ministerio de Fomento con la construcción de una nueva autovía de tres carriles por sentido permite una mejora sustancial en la seguridad de los usuarios, así como una mayor capacidad y un considerable ahorro de tiempo. Asimismo, se ha independizado casi por completo el trazado del terreno circundante al estar enclavado dentro del Parque Natural de Despeñaperros.

Palabras clave

Autovía, trazado, seguridad, permeabilidad, Despeñaperros

Abstract

On passing through the Despeñaperros gorge (Jaen), the A-4 road continued to follow, with only the slightest modifications, the route built by the engineer Carlos Lemaury during the reign of Charles III of Spain to communicate the central plateau of the Meseta with Andalucía.

The needs of modern vehicles, so far removed from the 18th century carriages and stagecoaches, made it essential to establish a new route with the geometric characteristics of a up-to-date motorway, in order to eliminate this passage as a black point on the national road network.

The new three-lane motorway built under the auspices of the Ministry of Development has led to a considerable increase in road safety, provided greater road capacity and considerable savings in time. The new route has almost completely freed up the area of the old route set within the Despeñaperros Natural Park.

Keywords

Motorway, route, safety, permeability, Despeñaperros

1. Antecedentes

El paso de la Autovía A-4 por el desfiladero de Despeñaperros presentaba antes de las actuaciones realizadas dos calzadas de dos carriles cada una, con trazados independientes entre sí para cada uno de los dos sentidos de circulación entre la Meseta y Andalucía. Esta disposición era fruto del desdoblamiento efectuado sobre la N-IV en el año 1983. La antigua plataforma, de trazado muy sinuoso, se dividió en dos tramos y se completó con otros dos de nueva construcción, de forma que cada sentido discurría en su inicio por la antigua carretera, de mediados del siglo XX, y en su mitad final por los tramos construidos en 1983.

El trazado en la parte de la antigua carretera resultaba totalmente inadmisibles con la normativa actual, con un radio

mínimo en planta de 40 m y una pendiente máxima del 7 %, lo que limitaba la velocidad en ciertos puntos a 50 km/h.

Tras la aprobación del Estudio Informativo el 18 de abril de 2001 se elaboró el correspondiente Proyecto de Construcción que se adjudicó el 5 de diciembre de 2002, recogiendo únicamente la construcción de una sola calzada de dos carriles de circulación para el sentido norte.

Con fecha de 27 de enero de 2004 se aprueba el Proyecto de Construcción que define la actuación anteriormente descrita.

La calzada sentido Andalucía utilizaría los tramos construidos en 1983, con un trazado de radio mínimo de 175 m, parámetro

no válido con las normativas actuales para autovía, vía rápida o carretera nacional.

La calzada sentido norte quedaba muy separada de la calzada sentido Andalucía, dejando entre ellas una gran franja de terreno que producía una fragmentación importante del territorio. Discurría a 500 m del corredor primitivo, impidiendo la conexión con el enlace intermedio de Aldequemada y quedando sin acceso más de 8 km de autovía. Para comunicar las galerías de evacuación de los túneles a ejecutar, se construirían carreteras adicionales, produciendo una gran afección al Parque Natural de Despeñaperros. De hecho, la expropiación necesaria para estos caminos sería de 15 Hectáreas, similar a la del tronco de la autovía.

Este corredor no permitiría en un futuro su desdoblamiento para el sentido Andalucía al presentar fuertes rampas, incompatibles con los túneles necesarios, por lo que ambas calzadas continuarían separadas y seguirían provocando una fragmentación territorial importante dentro del Parque Natural.

Las obras correspondientes a la 'Nueva Calzada de Despeñaperros. Autovía del Sur, A-4. Tramo: Venta de Cárdenas-Santa Elena. Provincias de Ciudad Real y Jaén. Clave: 12-J-3580', se licitaron mediante su publicación en el B.O.E. de fecha 6 de marzo de 2004. Con fecha 4 de septiembre de 2004 se adjudicaron a FCC Construcción, por un importe de 79.103.813,00 €, formalizándose el correspondiente contrato el 30 de septiembre de 2004. El acta de comprobación de replanteo se realizó el 29 de octubre de 2004, autorizándose el inicio de las obras al día siguiente de la misma, 30 de octubre de 2004.

Desde el inicio de la obra y a la vista de los problemas descritos anteriormente sobre la solución prevista para el paso de Despeñaperros, se estudió por parte de la D.G.C., con el apoyo de los Servicios Técnicos de FCC Construcción, un nuevo trazado que mejoraba la problemática planteada anteriormente. Para ello, se eligió un trazado intermedio entre el Proyecto de Construcción y una de las Alternativas del Estudio Informativo. En su tramo inicial, entre Santa Elena y Aldequemada, el trazado va próximo a la autovía actual y a partir de este punto conecta con el túnel de Despeñaperros manteniendo desde aquí el trazado del proyecto original. Este trazado alternativo tenía las siguientes ventajas:

- El sentido norte utiliza un corredor que, en parte de su trazado, se apoya en el de la autovía existente y, por tanto con

mejor accesibilidad y menor afección al Parque Natural de Despeñaperros.

- Ofrecía la posibilidad de utilizar el mismo corredor para un posible desdoblamiento para el sentido Andalucía.
- Se mejoraban los parámetros de trazado entre Santa Elena y el enlace de Aldequemada en ambas calzadas.
- La variante permitía proyectar un enlace en Aldequemada que serviría de *by-pass* al túnel de Despeñaperros en caso de accidente dentro del mismo.

Por todos estos motivos, en marzo de 2006 se presentó, ante la Junta Rectora del Parque Natural de Despeñaperros y ante el Ayuntamiento de Santa Elena, el documento 'Propuesta de Solución alternativa al Proyecto de Construcción de la Nueva calzada de Despeñaperros. N-IV de Madrid a Cádiz, tramo: Venta de Cárdenas- Santa Elena'. Dicho documento planteaba, según lo descrito anteriormente, un cambio de trazado entre el origen del proyecto primitivo, inmediaciones de la localidad de Santa Elena, y la entrada al Túnel de Despeñaperros en ejecución desde el inicio de la obra, contemplando la posibilidad de la realización de dos nuevas calzadas en esta zona.

Dicha propuesta conllevaba la transformación del tramo de la Autovía A-4 del Sur, entre Venta de Cárdenas y Santa Elena en una autovía con dos calzadas similares y paralelas que resolverían el tránsito del desfiladero de Despeñaperros a largo plazo.

En base a ello, la Dirección General de Carreteras, emitió el 16 de agosto de 2006, una nueva Orden de Estudio Informativo para la comparación entre el Proyecto de Construcción original y la propuesta presentada por FCC Construcción y recogida en la resolución de 15 de junio de 2006 de la Junta Rectora del Parque Natural de Despeñaperros.

Paralelamente a la redacción del Proyecto Modificado N°1 de la Calzada Sentido Norte, la Dirección General de Carreteras emite el 13 de julio de 2007 la Orden de Estudio del Proyecto de Construcción de la 'Nueva calzada sentido Sur de Despeñaperros', que se refiere a las obras de duplicación de la calzada norte.

El 30 de octubre de 2007, se aprueba el expediente de Información Pública y definitivamente el Estudio Informativo.

Este estudio informativo y Declaración de impacto recoge las actuaciones previstas para ambos sentidos.

Las obras correspondientes a la 'Nueva Calzada Sentido Sur de Despeñaperros. Tramo: Venta de Cárdenas-Santa Elena. Provincias de Ciudad Real y Jaén. Clave: 19-J-4220', se licitaron mediante su publicación en el B.O.E. de fecha 5 de marzo de 2008. Con fecha 8 de julio de 2008, se adjudicaron a FCC Construcción por un importe de 97.009.168,00 €. El acta de comprobación de replanteo se realizó el 6 de octubre de 2008, autorizándose el inicio de las obras al día siguiente de la misma, 7 de octubre de 2008.

Con fecha 26 de septiembre de 2011 se inaugura la totalidad de la calzada sentido Madrid y parte de la calzada sentido Andalucía entre los enlaces de Aldeaquemada y Santa Elena.

El resto de la calzada sur se puso en servicio el 11 de junio de 2012. Es de reseñar que este último tramo inaugurado no había podido ponerse en servicio conjuntamente con el resto del tramo debido a que para su realización era necesaria la apertura al tráfico de la nueva calzada sentido Madrid que

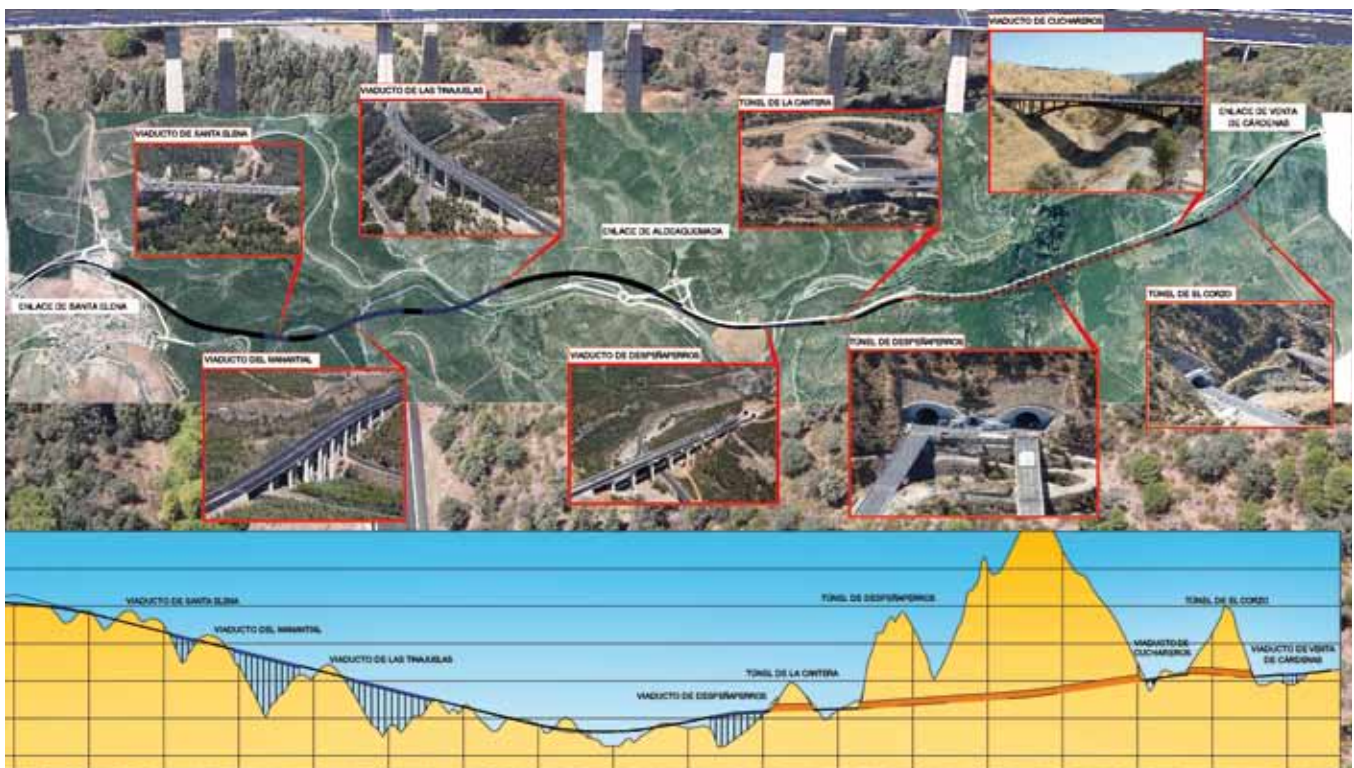
permitía la demolición del antiguo viaducto del Corzo y la adaptación del trazado entre los puntos kilométricos 245 y 246 para la circulación en sentido Andalucía.

Tras la inauguración completa de la obra se ejecutaron el resto de medidas medioambientales previstas destacando la recuperación del paisaje y los cauces de los arroyos ocupados por la antigua calzada sur de la autovía entre el p.k. 252,3 y el p.k. 256,7 mediante el desmantelamiento de dicho tramo de autovía, la reconstrucción de la morfología natural del terreno y la posterior plantación de especies arbóreas y arbustivas características de cada uno de los hábitat a reconstruir.

2. Descripción técnica

Las obras proyectadas comprenden, entre otras, las siguientes actuaciones:

- La ejecución de una doble calzada de tres carriles por sentido, de nuevo trazado, que recogerá tanto el tráfico en sentido norte (Sevilla-Madrid) como el tráfico en sentido sur (Madrid-Sevilla).



- La remodelación de los tres enlaces actuales (Santa Elena, Aldeaquemada y Venta de Cárdenas).
- La creación de una vía verde en la antigua Nacional IV y su restitución ambiental y paisajística.

La práctica totalidad del trazado discurre a través de un terreno de orografía accidentada, dentro del Parque Natural de Despeñaperros. Estas dos circunstancias motivan que el trazado de la nueva calzada constituya una sucesión de viaductos y túneles, cuya longitud conjunta representa más del 50 % del total del mismo.

Las dos calzadas desde su inicio, en el p.k. 257,5, pasan entre el núcleo de Santa Elena y el centro de visitantes del Parque Natural para iniciar el descenso hasta el fondo del valle del río Despeñaperros en el p.k. 250, donde se ubica el enlace de Aldeaquemada.

Dada la orografía de la zona, se han tenido que realizar tres grandes viaductos dobles denominados de Santa Elena, con 160 m de longitud, del Manantial, de 550 m de longitud con pilas de hasta 80 m de altura y de las Tinajuelas, con 580 m de longitud.

Todos ellos se han ejecutado mediante dovelas prefabricadas montadas vano a vano mediante autocimbra que permitieron ejecutar los diferentes tableros evitando la afección al terreno natural.

En los primeros cuatro kilómetros y medio, la sección de la autovía está formada por dos calzadas separadas, con tres carriles de circulación cada una y arcenes interiores de 1,5 m y exteriores de 2,5 m, con mediana de 5 metros entre líneas blancas. El trazado es descendente hacia el río Despeñaperros, punto de menor cota del tramo, con una pendiente máxima del 5 %, y la curva mínima es de 760 m de radio que permiten una velocidad de circulación de 120 km/h.



Enlace de Santa Elena



Vista general



Viaducto de El Manantial



Enlace de Aldeaquemada

En el enlace de Aldeaquemada se ha realizado una estructura sobre la antigua calzada en sentido Andalucía y un amplio paso de fauna, de 40 metros de luz y más de 17 metros de gálibo, que facilita la permeabilidad entre ambas márgenes en el entorno del arroyo de Piedras Blancas, principal corredor faunístico de esta zona.

Desde este punto la calzada continúa por el viaducto de Despeñaperros, de 380 m y 430 m de longitud para el sentido norte y sur respectivamente, realizado con la misma tipología que los anteriores, y que permite salvar tanto el río del mismo nombre, como la antigua calzada sentido norte y la línea de ferrocarril Madrid-Sevilla, para embocar en el primero de los tres túneles ejecutados con los que se atraviesa el paraje conocido como ‘Los Órganos de Despeñaperros’ de especial protección ambiental.

El túnel de la Cantera, de 240 m de longitud, pasa por debajo de la carretera de Aldeaquemada y desde él se accede al túnel de

Despeñaperros de 1.925 m longitud en el que se han realizado cuatro galerías para el paso de vehículos de conexión entre los dos tubos y un apartadero en su parte central y está dotado de las más modernas medidas de seguridad para garantizar la circulación de los vehículos y acometer las posibles incidencias en su explotación.

En su boca norte se ubica el viaducto de Cuchareros, realizado mediante un arco metálico de 53 m de vano y 80 m de tablero, para respetar el entorno y desde el que se accede al túnel del Corzo, de 450 m de longitud, que comunica las comunidades de Castilla-La Mancha y Andalucía.

Los últimos metros discurren por la provincia de Ciudad Real, mediante un terraplén de suelo reforzado para no afectar el cauce del arroyo Magaña, cruzándolo finalmente en el viaducto de Venta de Cárdenas, de 150 m de longitud, en el que también se vuela nuevamente sobre la línea de ferrocarril



Viaducto de Despeñaperros y boca sur Túnel de Cantera



Viaducto del corzo sur y bocas Túnel de Despeñaperros



Boca sur Túnel de Despeñaperros



Boca sur Túnel del Corzo

desarrollo sostenible



Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.
Aportamos respuestas adecuadas
para una gestión más eficiente.
Compartimos conocimiento
y generamos innovación.
Trabajamos por un futuro basado
en el compromiso y la cooperación.

www.aqualogy.net



 **AQUALOGY**
Where water lives

SOLUCIONES INTEGRADAS
DEL AGUA PARA UN
DESARROLLO SOSTENIBLE



Viaducto de Venta de Cárdenas y conexión final



Antigua calzada sur p.k. 252,3-p.k. 256,7



Restauración calzada sur p.k. 252,3-p.k. 256,7

Madrid-Sevilla, y conectando con la calzada actual en dicha localidad.

En este segundo tramo, de casi 5 kilómetros de longitud, prácticamente la totalidad se realiza en subida, con una pendiente máxima del 3 %, disponiendo de un radio mínimo de 600 m en el interior del túnel de Despeñaperros, y se mantienen los tres carriles por sentido. La velocidad de circulación se encuentra limitada a 100 km/h por ser la máxima permitida en el interior de los túneles.

La actuación incluye la ejecución de una doble línea eléctrica subterránea de alimentación a los túneles, desde la subestación de Almuradiel hasta Venta de Cárdenas (15 km), así como la remodelación de la subestación y un centro de control de túneles, ubicado en Santa Elena, en el que se integran todos los elementos de seguridad instalados para supervisar y atender todas las incidencias en la explotación del tramo.

En el apartado medioambiental, además de haber consensuado con el Parque Natural de Despeñaperros el nuevo trazado, con las dos calzadas unidas, en el que más del 50 % del mismo corresponde a superficie de tablero o túnel para facilitar su permeabilidad, se han destinado del orden de 8 M€ a medidas específicas en las que debe destacarse la restauración de la curva de las monjas, la creación de una vía para el Parque en la antigua nacional, la mejoría de las condiciones de hábitat del conejo y del linco, la recuperación del endemismo centaura citricolor y la protección del confort sonoro con la instalación de pantallas acústicas.

Pero, sobre todo, el proyecto contempló un ambicioso plan de recuperación del paisaje y los cauces de los arroyos ocupados por la antigua calzada sur de la autovía entre el p.k. 252,3 y el p.k. 256,7 mediante el desmantelamiento de dicho tramo de autovía, la reconstrucción de la morfología natural del terreno y la posterior plantación de especies arbóreas y arbustivas características de cada uno de los hábitat a reconstruir.

Para ello, con el material excedente de la obra, se rellenaron las trincheras existentes en dicho tramo de autovía, que daban del anterior desdoblamiento ejecutado en el año 1984.

Para compensar los movimientos de tierras y con el objeto de llevar a cabo una completa restauración ambiental del terreno ocupado por dicho tramo de autovía, se han desmontado los terraplenes y rellenos antiguos, tanto para recuperar los cauces de los arroyos afluentes del arroyo del Rey, por su

margen derecha, como para contribuir al restablecimiento de la topografía lo más parecida posible a la situación anterior a la obra del año 1984.

Una vez remodelada la morfología del terreno, sobre todo prestando especial atención a la recuperación de los cauces y sus riberas, se han llevado a cabo trabajos de revegetación e integración paisajística, que se particularizarán para cada zona del terreno, aplicando las densidades y distribuciones de plantas más parecidas al entorno inmediato a cada tramo a restaurar.

Todas las actuaciones medioambientales, tanto en diseño como supervisión y seguimiento de las mismas, se han consensuado con el Parque Natural de Despeñaperros.

3. Secciones tipo

En la práctica totalidad del trazado, la sección de la autovía está formada por dos calzadas separadas, con tres carriles de circulación cada una y arcenes interiores de 1,5 m y exteriores de 2,5 m, con mediana de 5 metros entre líneas blancas.

Tanto en viaductos como en túneles, los arcenes interiores y exteriores se reducen a 1 metro, existiendo en el interior de los túneles aceras de 1 metro para permitir la evacuación de los mismos en caso de emergencia.

La sección del firme para el tronco es la del tipo 032, de acuerdo con la 'Norma 6.1 IC Secciones de Firme', que implica para un tráfico T0 (IMDP 3.632 Año 2010), sobre una explanada E3, disponer 25 cm de suelo cemento y 20 cm de mezclas bituminosas en caliente formada por 11 cm de G-25, 6 cm de D-20 y con una rodadura de 3 cm M-10.

4. Procesos constructivos singulares

Entre las soluciones adoptadas, cabe destacar el proceso constructivo de los viaductos con dovelas prefabricadas y la adopción del Nuevo Método Austríaco para la excavación de los túneles.

4.1. Viaducto de dovelas prefabricadas

Se han construido cuatro viaductos de dovelas prefabricadas con dos tableros independientes cada uno. Los viaductos en sentido norte son: Viaducto de Santa Elena, Manantial, Tinajuelas y Viaducto de Despeñaperros.

Los vanos son isostáticos con luces de 39 y 45 metros. La sección transversal es un cajón de 13,6 metros ejecutado en

dos fases, dejando un voladizo de 0,75 m a cada lado de la dovela para la ejecución del acerado y la armadura del pretel, y de 3 metros de canto, con almas inclinadas 33° que gracias a la utilización del pretensado exterior sólo tienen 30 cm de espesor. Entre los vanos se han dispuesto losas de continuidad y una junta de dilatación cada tres vanos.

Las pilas son de sección cajón rectangular con espesores de tabique de 0,3 m y alturas de hasta 80 m que se ejecutan con encofrados trepantes en puestas de 5 metros de altura. En función de la altura se tienen las siguientes secciones transversales:

- Hasta 40 m la sección es constante de 3 m * 4 m.
- Hasta 60 m la sección es variable, con sus paredes transversales inclinadas 1/70 manteniendo en cabeza los 3 m * 4 m.
- A partir de 60 m la sección es variable, con todas sus paredes inclinadas 1/70 manteniendo en cabeza los 3 m * 4 m.

En cabeza de pila se fija el espacio necesario para dar cabida a los medios auxiliares para el montaje del tablero. Los estribos son flotantes sobre macizos de tierra.

Cada vano está compuesto por 16 o 14 dovelas, según sea el vano de 45 m o 39 m, y con dovelas de tres geometrías diferentes:

- La dovela tipo de unos 3 metros de longitud.
- Las dos extremas de cada vano de 1,87 metros de longitud que incorporan el diafragma que sirve para el anclaje del postesado exterior.
- Las dovelas de desvío del pretensado, de igual longitud que la dovela tipo, que incorporan los desviadores de los tendones que se sitúan en la losa inferior de la sección.

Por tanto, existen dos tipos de vanos:

- Vano Tipo 1 de 39 m: compuesto por 14 dovelas (2 dovelas de extremas, 2 dovelas con desviadores para 6 tendones, 10 dovelas tipo).

- Vano Tipo 2 de 45 m: compuesto por 16 dovelas (2 dovelas de extremas, 2 dovelas con desviadores para 8 tendones, 2 dovelas con desviadores para 4 tendones y 10 dovelas tipo).

Los tendones de pretensado están formados por unidades de 31 o 24 cordones de 0,6 pulgadas de diámetro, con doble protección mediante vaina de polietileno de alta densidad e inyección con lechada de cemento. La unión entre dovelas se realiza mediante junta seca, preferible a la utilización de resina epoxi al simplificar las operaciones y permitir un mayor ritmo de montaje. Todo el pretensado es exterior.

Las dovelas se fabricaron en la localidad de Santa Elena, en unas instalaciones construidas y legalizadas por FCC Construcción; la planta de prefabricación estaba dotada de tres líneas de fabricación (una para dovelas extremas y las otras dos para dovelas de vano), sistema de producción de aire comprimido, sistema de curado con vapor, parque de ferralla, carro elefante para traslado de las dovelas y zona de acopio de éstas.

Las dovelas se fabrican por el método de la dovela conjugada en línea corta, es decir, cada dovela se hormigona utilizando a la anterior, que se denomina conjugada, como encofrado para que posteriormente encajen perfectamente entre ellas. La perfecta coincidencia entre las caras en contacto es necesaria ya que el montaje se realiza en seco, es decir, sin interponer entre las dovelas ningún material. Este sistema requiere un control muy riguroso de la geometría de las dovelas fabricadas de modo que los errores inevitables que se producen durante la fabricación de cada dovela se eliminen en la geometría de la siguiente dovela que se hormigona. La fabricación se controla mediante topografía con una tolerancia de 0,1 mm en las lecturas y se utiliza un programa informático desarrollado por el Departamento de Puentes de FCC Construcción para controlar la geometría de fabricación.

El montaje del tablero se realiza con una cimbra autolanzable superior formada por dos vigas en celosía sobre las que discurre el cabrestante que maneja las dovelas de la que se cuelgan todas las dovelas del vano en su posición definitiva. A continuación, se realiza el postesado exterior y se descimbra. La sección se completa realizando el hormigonado de los extremos de los voladizos.

Los elementos principales de los que se compone la cimbra son los siguientes:

- Dos vigas metálicas de 117 m de longitud.
- Carro cabrestante, que es el encargado de colgar y colocar las dovelas.



Planta de fabricación de dovelas

- Dos binarios, que son apoyos de la cimbra que posibilitan el avance o retroceso de la misma mediante su intercambio de posiciones. También posicionan la cimbra según el peralte y pendiente que se necesite.

- Patas delantera y trasera, que son los apoyos extremos de la cimbra.

Las dovelas llegan al estribo en góndolas siendo descargadas por el propio carro elefante del puente que las deposita ordenadas tras la cimbra. Sobre cada dovela se habrá montado un balancín tesándose cada barra a 60 Tn, elemento que nos servirá para atar las dovelas a la cimbra posteriormente mediante unas barras de anclaje.

La dovela se coge mediante el cabrestante uniendo su balancín al dispuesto en la dovela mediante dos pasadores y se suspende la dovela entre las vigas principales de la cimbra con su mayor dimensión dispuesta longitudinalmente.

Mediante el cabrestante, se aproxima la dovela a su posición de cuelgue y se gira 90° para colocarla transversalmente. Se unen las barras verticales DYWIDAG Ø36, que están enganchadas a la cimbra, a la dovela, y después de verificar que están perfectamente ancladas, se procede a soltar el cabrestante para pasar su carga a las barras verticales.

El cabrestante volverá a la zona de carga donde el carro elefante le habrá aproximado la siguiente dovela. Esta operación se repite para las dovelas de la nº 15 a la nº 3.

La dovela 0 se coloca mediante el cabrestante con la mayor precisión posible porque fija la posición de todo el vano. Una



Interior del tablero

vez colocada la dovela 0, se colocan las barras de atado longitudinales y las cuelgue verticales. Se suelta el cabrestante, que irá a recoger la dovela 1.

Con la velocidad lenta del cabrestante, se aproxima la dovela 1 a la dovela 0, hasta que las llaves queden en contacto completo. Se colocarán las barras de atado longitudinales, primero. Se posicionan las barras verticales de cuelgue en el balancín y se tesan. Se suelta el cabrestante y antes de recoger la dovela 2 se comprueba topográficamente la posición de la dovela. Se repite el mismo procedimiento hasta que queden todas las dovelas montadas.

Una vez montado el tablero se procede al tesado del mismo; para ello, una vez colocadas las vainas de polietileno, se procede al enfilado y tesado desde la plataforma de la pila frontal, siguiendo la secuencia calculada. Para finalizar el tesado se inyectarán los tendones.

Una vez descargada la cimbra, se puede comenzar a hormigonar los apoyos con mortero autonivelante. En este momento el puente se halla sobre los gatos, habiéndose colocado los apoyos perfectamente nivelados sobre las pilas.

En total se han fabricado y montado 3.369 metros de tablero distribuidos en 79 vanos con un total de 1.202 dovelas con un peso máximo de 52 toneladas.

4.2. Excavación de túneles

Para la excavación de los túneles de Despeñaperros, la Cantera y Corzo norte de 1.925 metros, 280 metros y 420 metros respectivamente, se ha utilizado el Nuevo Método

Austríaco. La secuencia que describe el proceso de excavación y sostenimiento del túnel es la siguiente:

Las distintas fases que componen el proceso de excavación y sostenimiento del túnel son las siguientes:

1. Caracterización de la sección: para cada Terreno Tipo (función del RMR), el comportamiento de la excavación será diferente en función de la montera existente sobre el túnel y la litología del material excavado.

Así, combinando las tres condiciones anteriores, se han obtenido seis Clases de Terreno de A a F. A cada Clase de Terreno, le corresponde un Sostenimiento Tipo, S-I a S-VI.

Obtenido el índice RMR, se asignará una longitud de pase de excavación y un sostenimiento.

2. Excavación en voladura y retirada de material procedente de la excavación: se efectuarán la mayor parte de las excavaciones del tramo con explosivos. Así, la construcción de los túneles se realizará empleando el Nuevo Método Austríaco. De acuerdo con este sistema, la ejecución de la excavación deberá ir seguida por la construcción de un sostenimiento flexible. Las secciones se sostendrán una vez que se obtenga el pase definido en proyecto.

En general, la excavación se realizará en dos fases: avance y destroza. La altura del avance deberá permitir la circulación fluida de los vehículos y el manejo de los bulones con la longitud indicada (4 m en general), por lo que será del orden de 5,5 m.



El pase por ciclo oscilará entre 5 m y 1 m para el avance, y entre 10 m y 2 m para la destroza, en función de la calidad de los terrenos atravesados en cada túnel. El jumbo perforará barrenos de 51 mm de diámetro, obteniéndose 106 barrenos para el caso de avance y 57 barrenos para la destroza. El explosivo a utilizar será el especificado en el Proyecto de Voladuras, siendo GOMA 2 ECO.

Una vez ventilado perfectamente el frente de la voladura, se procede a la retirada del material y al saneo de la sección excavada, para eliminar los posibles bloques inestables que pudieran existir en la misma.

3. Aplicación del tipo de sostenimiento requerido: en el diseño de los sostenimientos primarios de los túneles, se han diferenciado seis secciones, que abarcan desde los terrenos de mejor calidad, hasta los más débiles. El sostenimiento recomendado se compone, principalmente, de bulones, hormigón proyectado, y cerchas.

Realizadas las tareas anteriormente descritas, se procede a la proyección de hormigón con fibras según los espesores descritos por tipo de sostenimiento, teniendo en cuenta que primeramente se ejecutará una capa de sellado de 3 cm o 5 cm.

Existen dos tipos diferentes de cerchas: HEB-180 y TH-29. La utilización de uno u otro vendrá definida según el tipo de sostenimientos.

Finalizada la colocación de las cerchas, se procede a la ejecución de los bulones de expansión o Swellex; se bulonarán también todas las inestabilidades locales que se encuentren. Se incluye la perforación con jumbo, la colocación del bulón, el inflado del bulón con agua a presión, y los ensayos de arrancamiento a realizar.

La sección transversal del túnel se comprobará una vez se haya realizado el sostenimiento requerido en el túnel, tanto para la fase de avance como para la de destroza. Sin embargo, los puntos que queden fuera de la tolerancia permitida no serán corregidos hasta que el túnel se encuentre en la fase de destroza. Después se impermeabilizaba con lámina de PVC de 2 mm y por último se procedía al revestimiento con 30 cm de hormigón HM-25.

Se ha contado para la ejecución de las siguientes actividades con medio propios del Grupo FCC:

- En túneles, personal propio especializado de FCC Construcción, y maquinaria específica propia, Jumbo de Perforación de última generación y Robot de Gunitado del Parque Central de Maquinaria.
- Fabricación de las dovelas con la participación de Prefabricados Delta, del Grupo FCC, con encofrados y equipos propios del Parque de Maquinaria.
- Montaje de las dovelas con Autocimbra superior y personal del Parque de Maquinaria.



- El pretensado de los tableros realizado por la empresa del Grupo FCC, BBR Pretensados y Técnicas Especiales.
- Instalación eléctrica de los túneles, incluida la acometida desde Almuradiel (15km), por parte de FCC Industrial.
- Las dos plantas de hormigón para el suministro a la obra son propiedad de Hormigones y Morteros Preparados (HYMPSA), pertenecientes a Cementos Portland Valderrivas, del Grupo FCC.

5. Unidades más importantes

- Excavación desmonte: 2.695.303 m³.
- Excavación túnel: 684.680 m³.



Viaducto Despeñaperros

- Terraplén: 3.222.245 m³.
- Explanada: 119.254 m³.
- Suelo cemento: 69.540 m³.
- Mezclas Bituminosas: 154.524 ton.
- Hormigón: 328.465 m³.
- Acero corrugado: 7.809.185 kg.
- Acero Pretensado: 832.118 kg.
- Encofrado Trepante 62.391 m².
- Cable Aluminio 1*150mm² 44.990 m.

6. Presupuestos

- Presupuesto Redacción del Proyecto: 2.243.333,16 €.
- Presupuesto de Ejecución: 233.027.839,39 €.
- Presupuesto Control de Obra: 7.160.365,18 €.
- Presupuesto expropiaciones: 2.483.861,92 €.

Inversión total: 244.915.399,55 €. **ROP**



Viaducto Tinajuelas

Máster en Infraestructuras Ferroviarias

Título Propio UDIMA

Fórmate como profesional para cubrir las
necesidades actuales del sector ferroviario



INFORMACIÓN

Duración: 1500 horas - 12 meses.

Créditos ECTS: 60 créditos.

ABIERTO PLAZO INSCRIPCIÓN

CONTACTO

www.eadic.com

✉ info@eadic.com

☎ +34 91 393 03 19