



Construcción del espectacular viaducto de Arroyo del Valle.

EN LAS LINEAS DE MADRID-VALLADOLID
Y MADRID-LEVANTE

Adif construye los viaductos de mayor luz de arco de España

El viaducto de Arroyo del Valle está situado en el tramo Soto del Real-Miraflores de la Sierra, de 2,03 kilómetros de longitud, y que discurre por el municipio de Miraflores de la Sierra, en la provincia de Madrid. El viaducto es el nexo entre los Túneles de San Pedro, que perfora el cerro del mismo nombre a ochenta metros de cuya boca norte comienza, y los Túneles de Guadarrama, cuya boca sur se abre 2,5 kms más allá del final del viaducto y tras otro viaducto menor, el de Majalahita, y el paso

inferior de la carretera M-608.

El viaducto, construido sobre un valle abierto, tiene una longitud, de 1.755 metros, distribuida en veintisiete vanos, con una altura máxima de pilas de 73 metros y luces de 66 metros salvo en sus dos extremos con luces de 52,5 y en su parte central constituida por un arco ojival de 132 metros de luz, y 50,4 de flecha, con un peso total del arco de 2.500 toneladas.

Por la luz de este arco central, situado entre las pilas catorce y quince este viaducto es el mayor construido

El viaducto de Arroyo del Valle situado en el tramo Soto del Real-Miraflores de la Sierra, es junto a los Túneles de San Pedro y de Guadarrama la obra de mayor entidad de la línea de alta velocidad Madrid-Segovia-Valladolid, con un tablero continuo de 1.755 metros y un arco central de 132 metros de luz. Este espectacular viaducto es el de mayor luz con cimbra autoportante. Por otra parte, en la línea de Levante, Adif construirá sobre el embalse de Contreras un viaducto que con 261 metros, es el mayor de luz de arco sobre estructura de hormigón. Los dos viaductos suponen un récord en España.

en España por el método de cimbra autoportante, el segundo de Europa y el tercero del mundo tras los puentes de Argentobel (145 m) en Alemania y Kobaru (135 m) en Japón.

El tablero o plataforma sobre la

que se desarrollará el tendido de vía y las circulaciones ferroviarias es de sección del tipo cajón de canto variable de 3 a 5 metros -máximo en los apoyos en las pilas y mínimo en el centro de los vanos-, y las pilas son también de sección cajón con dimensiones en cabeza de 2,5 por seis metros.

Las pilas tienen paredes de 35 cm de espesor, ataluzadas -con aristas ligeramente inclinadas- en el sentido longitudinal de la estructura. El ataluzado tiene una pendiente de 1:50. Se macizan en los 2,10 metros superiores y llevan un hueco cilíndrico de 80 centímetros de diámetro y un metro de altura, desde donde se pueden inspeccionar los aparatos de apoyo del tablero. Su altura varía entre los 15 y los 73 metros.

La longitud exacta de la obra es de 2.028,501 metros, cuya parte fundamental es el viaducto hiperestático de hormigón pretensado apoyado en veinticinco pilas y clave del arco, que, con un desarrollo de 1.755 metros, salva sucesivamente el Arroyo del Mojón y el Arroyo del Valle y el desnivel existente entre la boca norte de los Túneles de San Pedro y el inicio sur de la obra de los Túneles de Guadarrama.

La construcción. El proyecto fue adjudicado en julio de 2003 a la UTE formada por Azvi y Puentes y Calzadas Empresa Constructora, con un presupuesto de adjudicación de 32,21 millones de euros.

Las exigencias de respeto medioambiental de la obra determinaron que el método elegido para la construcción fuera el de cimbra autoportante que le permite preservar con la mínima afectación el valle que atraviesa el viaducto y los dos arroyos que por él discurren.

Los 66 metros de luz entre pilas han obligado, además a la fabricación de una cimbra autoportante nueva, ya que las existentes en España no servían para alcanzar tal longitud de luz. Asimismo, la gran longitud del tablero impedía materializar el punto fijo en uno de los estribos, dada la enorme magnitud del recorrido resultante en la junta. La solución adoptada fue la construcción de un arco, entre las pilas

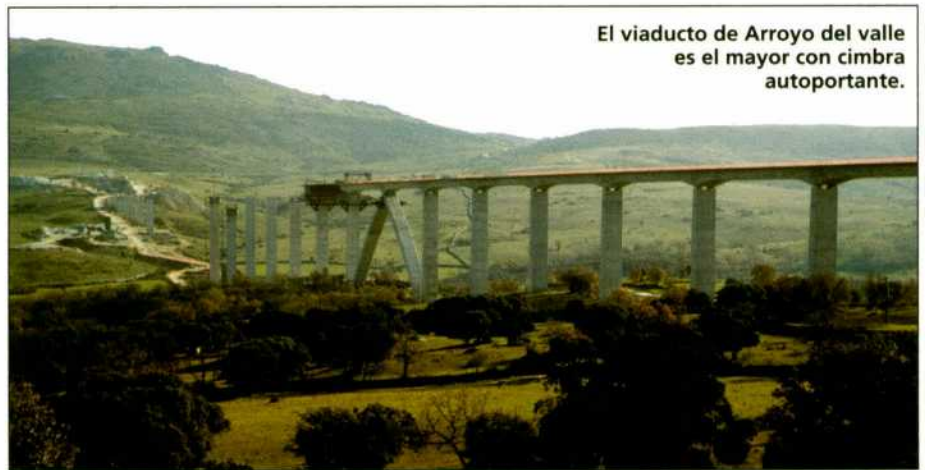
Si hasta 1992, año de la puesta en servicio de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, muy pocos de nuestros puentes superaba el medio millar de metros, desde entonces las cifras han evolucionado de manera vertiginosa.

La primera línea de alta velocidad en sus 471 km se dotó de 36 viaductos, de los cuales uno, el de la variante de Ciudad Real, casi alcanza el millar de metros. Hormigón volando sobre valles a alturas sorprendentes y con luces espectaculares. De todas maneras, si bien el número de obras fue alto, tan sólo éste de Ciudad Real y el de Guadálmez, con 800 metros de vuelo, tienen dimensiones realmente excepcionales. El salto cuantitativo y cualitativo se produjo en la segunda fase de las obras ferroviarias de la nueva red de alta velocidad.

La nueva línea hasta Lleida, entre sus 88 puentes, incluyó seis obras que superan el millar de metros, de las cuales dos elevan las vías durante más de dos kilómetros. El más largo de todos, con 2.234 metros, es el que cruza el Jalón cerca de Calatayud, muy conocido también por cruzar sobre la A-II, lo cual permite su contemplación completa durante un largo tramo por los conductores.

Casi igual longitud tiene el que, a la salida de Madrid, cruza el Jarama. Pero el salto cualitativo también se refleja en esta segunda línea de alta velocidad: se trata del elegante viaducto sobre el Ebro, obra del ingeniero Manterola, que se ha convertido en todo un emblema de la nueva ingeniería de puentes.

El resto de las líneas en construcción aportan una interminable relación de estructuras, entre las cuales es obligado reseñar el viaducto del By-Pass de Lleida sobre el Segre, obra de 2.476 metros de longitud que, por ahora, será el puente ferroviario más largo de España. Esta misma línea, de Lleida a Francia, acumula nada menos que 93 estructuras, de las que tres superan el kilómetro de longitud. En el sur, la línea de Córdoba a Málaga supera la campiña y las sierras entre larguísima túneles y 34 viaductos, de los cuales dos superan el kilómetro y otros seis los 500 metros. La más joven de todas las líneas en servicio, el corto ramal a Toledo, incluye un impresionante viaducto sobre el Tajo, de 1.602 metros, en cierto modo paralelo al más veterano del ave sevillano, que casi tiene un kilómetro menos de longitud que este nuevo puente toledano. □



El viaducto de Arroyo del valle es el mayor con cimbra autoportante.

catorce y quince, y materializar el punto fijo en su clave, próxima al punto medio del tablero.

Los condicionantes medioambientales impedían también la utili-

zación de una cimbra convencional para la ejecución del arco, de modo que se optó por la solución de ejecutarlo mediante dos semiarcos verticales adosados a las pilas adya-



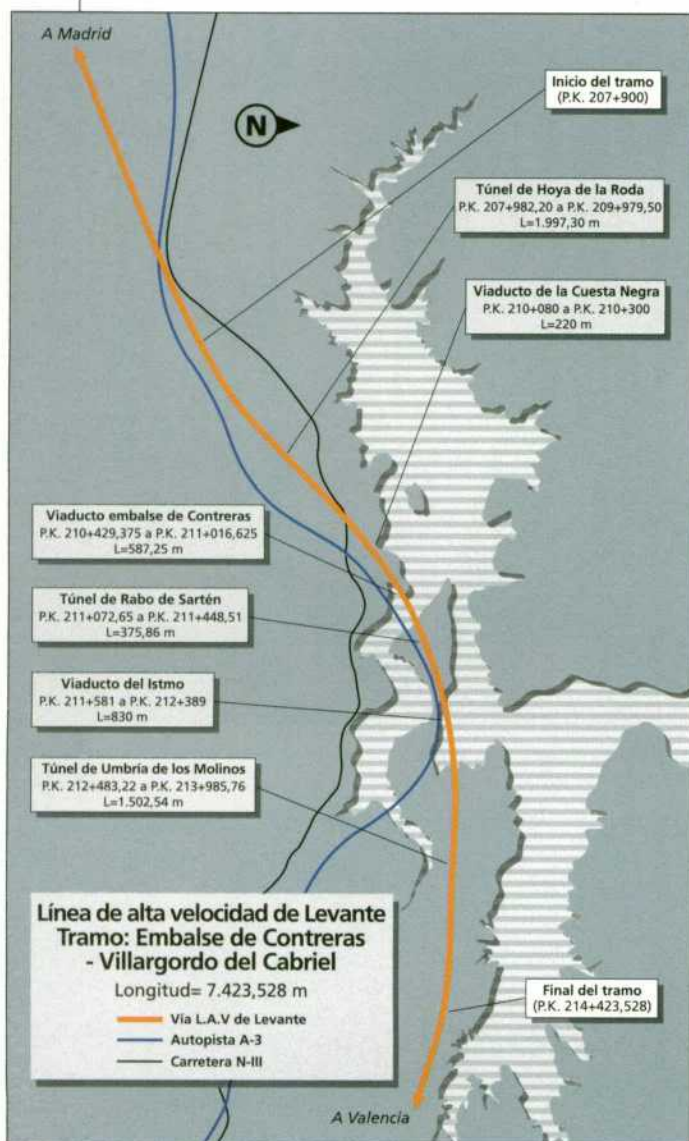
VIADUCTO ARROYO DEL VALLE LINEA ALTA VELOCIDAD MADRID – SEGOVIA – YALLA DOLID
UTE SOTO DEL REAL (AZVISA – PUENTES Y CALZADAS E.C.,SA)



Azvi 


PUENTES
Y CALZADAS EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.

Tramo Embalse de Contreras-Villargordo del C



El tramo Embalse de Contreras-Villargordo del Cabriel, perteneciente a la línea de alta velocidad Madrid-Castilla la Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, es uno de los de mayor dificultad técnica que se han acometido en España en los últimos tiempos. En tan sólo 6,5 km de longitud, discurren tres túneles y tres viaductos, dos de los cuales, bien por longitud o altura, batan récord en España. Las obras han comenzado en febrero y tendrán un plazo de

cientos y una vez terminados, hacerlos girar, alrededor de una rótula provisional situada en su base, mediante cables de descenso y retención, hasta su posición definitiva.

ejecución de 30 meses.

Salpicados con los túneles, el tramo Embalse de Contreras-Villargordo del Cabriel contará con tres viaductos a cual más espectacular. Uno de ellos, el que cruza el embalse de Contreras, registrará el récord en España al mayor arco en puente ferroviario.

El primer viaducto del tramo es el de la Cuesta Negra, la mayor parte del cual descansa en tierra firme, con una longitud de 220 m. Posee seis vanos, con longitudes que oscilan entre los 30 y los 40 m. El tablero, de 14 m de anchura, está formado por una viga cajón de 2,60 m de canto. Las pilas miden entre 13 y 19,5 m de altura. La altura de las pilas permiten la ejecución mediante cimbra porticada.

El viaducto estrella por su espectacularidad, aunque no el más complicado en su ejecución, es el del embalse de Contreras, diseñado por el ingeniero de Caminos, Javier Manterola. Tiene una longitud de 587 m, con un puente arco de 261 m de luz y 37 m de altura libre sobre el agua.

Este viaducto constituye el récord en España de mayor arco en puente ferroviario sobre estructura de hormigón. "Lo más complicado es la ejecución del arco, ya que va asentado sobre un embalse mediante dovelas de hormigón tesadas y atirantadas a unas torres a ambos lados del arco", explica Julio Pérez Nicolás, jefe de Zona L.A.V. Madrid-Levante.

Sobre el arco se sitúan las pilas, con una altura que oscila entre los 3,5 y 35,5 m. El tablero, de 14,2 m de ancho, está formado por una viga cajón de 3 m de canto.

El arco es también de sección cajón, pero constante de tres por seis metros y con paredes de cuarenta centímetros de espesor y traviesas de un metro de espesor en las sec-

ciones donde se anclan los cables de descenso.

Las dovelas se realizarán en hormigón HP 70, que es ultraresistente. Los vanos de los extremos miden 36,2 m, y cuenta en total con 12 centrales de 43,5 m.

El tercer viaducto, el del Istmo, tiene una longitud de 830 m y tiene una ejecución muy complicada. Su cimentación es profunda mediante pilotes y discurre en zona inundada del embalse. Posee un total de 10 vanos, de los que siete son de noventa metros (longitud que obedece a la necesidad de disminuir las cimentaciones). El tablero está formado por una viga tipo cajón y una losa superior. Las pilas, con una altura variable de entre 20 y 70 m, están cimentadas sobre pilotes de dos metros de diámetro, y a una profundidad de 30 m, aproximadamente.

El sistema de ejecución del tablero en estos dos viaductos es por empuje desde el estribo lado Madrid.

El Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) adjudicó en su día a la UTE formada por SENER y GESTEC la redacción del proyecto y control de las obras de plataforma del tramo Minglanilla-Villargordo del Cabriel del nuevo acceso de alta velocidad a Levante (Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia).

Sener ha desarrollado durante los últimos seis años para el Ministerio de Fomento el estudio informativo del tramo Minglanilla-Villargordo del Cabriel, incluido en la línea de alta velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, dentro del cual queda encuadrado el subtramo adjudicado.

Este tramo, que discurre a través de los términos municipales de Minglanilla (Cuenca) y de Villargordo del Cabriel (Valencia) es el más emblemático de toda la línea de alta velocidad a Levante, ya que a la difícil orografía existente en la zona hay que añadir aspectos de singular importancia medioambiental.

En el tramo, de 15 km, que discurre en paralelo a la actual autovía de Levante A3, concurren cinco viaductos y cinco

El sistema de construcción, tanto de las pilas como del arco, ha sido el de encofrado trepante, empleán-

Cabriell: tres túneles y tres viaductos en 6,5 km

Viaducto sobre el Embalse de Contreras



túneles, que suman un total de 3.750 m y 5.150 m, respectivamente. Hay que destacar los dos viaductos sobre el Embalse de Contreras: uno de ellos en arco, con más de 250 m de luz, y el segundo, con pilas cimentadas en el embalse, y con una altura superior a los 80 m.

Las obras de algunos tramos del nuevo acceso ferroviario en alta velocidad a Levante comenzaron en noviembre de 2005, aunque quedan aún por adjudicar varios tramos, en concreto entre Madrid y Fuentes (Cuenca). A partir de Fuentes, hasta Valencia, todos los tramos están adjudicados.

La línea de alta velocidad Madrid-Valencia parte de un punto aún sin especificar de la línea Madrid-Sevilla, mediante un by-pass que conectará las dos líneas.

“De todos los tramos de la línea Madrid-Valencia, el que destaca por su complejidad técnica, que obligará a la adopción de técnicas de construcción posiblemente pioneras, y por su importancia medioambiental es el del Embalse de Contreras-Villargordo del Cabriell. Se trata de un tramo de 6,5 km, en el que se suceden tres túneles y tres viaductos”, afirma Julio Pérez Nicolás, jefe de Zona L.A.V. Madrid-Levante. Adjudicado a una UTE formada por Azvisa-San José, las obras empezarán en febrero, y cuentan con un plazo de ejecución de 30 meses.

El trazado está formado por una plataforma de 14 m de anchura, para doble vía de ancho internacional. La distancia entre ejes de las dos vías es de 4,70 m, y el espesor mínimo del balasto bajo travesía es de 35 cm. Esta plataforma va coronada por una capa de forma (material especial muy seleccionado que se

utiliza para dar resistencia) y, sobre ésta, se coloca el subbalasto y el balasto, con un espesor de 40 ó 60 cm, según se trate de terraplén o desmonte. Los radios de las curvas oscilan entre los 3.500 y los 5.500 m, debido a las características orográficas del terreno y a que se ha querido causar el menor impacto posible sobre el medio ambiente, en una zona de especial protección como son las Hoces del Cabriell. Pensando en esto precisamente, el trazado elegido discurre por un pasillo en las inmediaciones de la autovía A-3 (Madrid-Valencia), de forma que la afectación medioambiental sea la menor posible. La velocidad máxima en este tramo queda limitada a 250 km/h.

Hay que señalar igualmente que el trazado en alzado se ha forzado hasta pendientes excepcionales de 30 milésimas.

El túnel de la Hoya, en La Roda, es el más largo de los tres existentes, con una longitud de 1.997 m y una sección libre de 85 metros cuadrados. El túnel encuentra a su paso una zona mezcla de suelo y roca, formada por terrenos de grava, arcilla, areniscas y caliza. Se excavarán con martillos picadores, métodos mecánicos o con explosivos si hay roca. El sistema de ejecución es mediante el procedimiento de avance, destroza y contrabóveda. Dada su longitud, este túnel cuenta con una salida de emergencia que se encuentra aproximadamente en la mitad de su recorrido.

El denominado Rabo de la Sartén es, con sus 375,86 m, el de menor longitud. Discurre por terreno calizo, lo que condiciona el método de excavación, que es mediante voladura. Sin embargo, la

proximidad de los túneles a la autovía ha aconsejado la excavación con métodos mecánicos.

El túnel posee una sección libre de 100 metros cuadrados, mientras que en su parte inferior lleva una solera de hormigón de unos 50 centímetros. El método de construcción es mediante avance y destroza. En los emboquilles se coloca un paraguas de micropilotes con tubos de acero de 20 m de longitud.

Al igual que en el túnel de La Hoya, se utiliza un sistema de excavación basado en medios mecánicos debido a la proximidad de la autovía. Se utiliza asimismo una pantalla de contención de micropilotes para evitar la desestabilización del relleno de la autovía. Los emboquilles se realizan con paraguas de micropilotes que incorporan tubos de acero de 15 m de longitud.

El tercer túnel de este tramo, Umbría de los Molinos es el segundo mayor en longitud (1.522,24 m). Con una sección libre de 85 metros cuadrados, utiliza contrabóveda, debido a la presencia de yesos y arcillas. En la excavación de este túnel se utilizarán medios mecánicos, así como el método de avance y destroza. “Será también necesario realizar algunas voladuras en zonas puntuales. Una peculiaridad es que al excavar este túnel es necesario dejar un machón central de sostenimiento, a causa de la debilidad del terreno en el frente de excavación”, explica Julio Pérez Nicolás.

Los emboquilles son exactamente iguales que los del túnel de La Hoya, es decir, con micropilotes formados por tubos de acero de 20 m de longitud. *Yolanda del Val* □

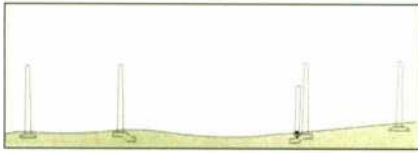
dose en la obra dos módulos de modo que se han alcanzado rendimientos de hasta ocho metros de pila al día. Para los semiarco se han empleado dos módulos que

permitieron ejecutar el semiarco norte entre el 29 de abril y el 22 de julio de 2005 y el sur entre el 13 de mayo y el 5 de agosto.

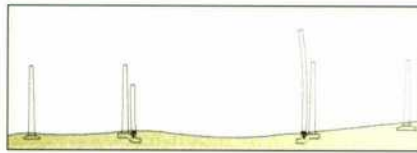
El descenso del semiarco norte

se realizó entre los días 27 y 28 de julio y su elemento crítico en el proceso es la pila que actúa como puntal, por lo que el descenso se diseñó de forma que se minimizasen las

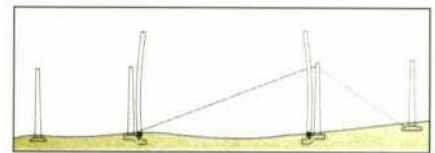
Fases de construcción del viaducto de Arroyo del Valle (construido por el sistema de cimbra autoportante)



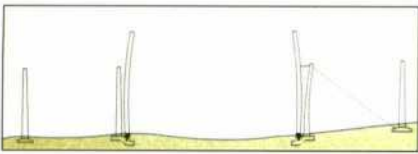
FASE 1. Ejecución semiarco dorsal
Ejecución "in situ" del semiarco dorsal mediante encofrado trepante deformable. El semiarco está unido a la zapata mediante una rótula, quedando bloqueada.



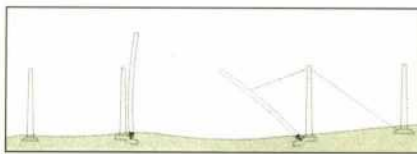
FASE 2. Ejecución semiarco frontal
Ejecución "in situ" del semiarco frontal y terminación del dorsal. Es necesario asegurar una resistencia adicional frente al deslizamiento en la zapata de retenida mediante la instalación de anclajes.



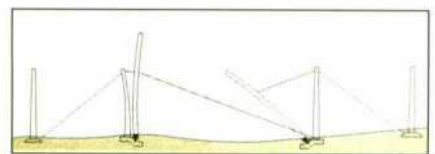
FASE 3. Instalación de cables de abatimiento
Instalación de los tirantes de descenso, tirantes de retenida y cables auxiliares del semiarco dorsal.



FASE 4. Desbloqueo semiarco dorsal
Desbloqueo de la rótula del semiarco dorsal y tensionado de los cables auxiliares para desplazar los semiarcos de su posición de equilibrio. Aplicación de tensión a los tirantes de retenida que origina un desplazamiento en la cabeza de la pila. Comienza el descenso del semiarco.



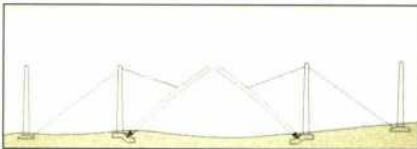
FASE 5. Abatimiento semiarco dorsal
Abatimiento del semiarco dorsal aumentando la tensión de los tirantes de descenso según se va abatiendo. Control del movimiento en la cabeza de la pila y en la zapata de retenida mediante nivelación de precisión. Control de la fisuración en la base de la pila que actúa como puntal.



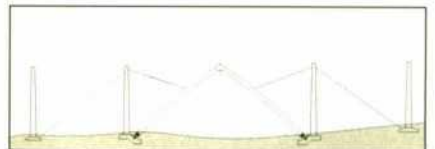
FASE 6. Terminación y desbloqueo del semiarco frontal
Terminación de semiarco frontal e instalación de los tirantes de descenso, tirantes de retenida y cables auxiliares. Desbloqueo de la rótula del semiarco frontal y tensionado de los cables auxiliares para desplazar los semiarcos de su posición de equilibrio. Aplicación de tensión a los tirantes de retenida que origina un desplazamiento en la cabeza de la pila. Comienza el descenso del semiarco.



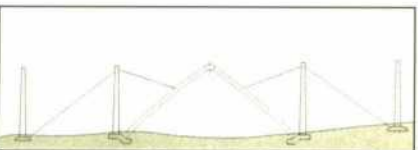
FASE 7. Abatimiento semiarco frontal
Abatimiento del semiarco frontal aumentando la tensión de los tirantes de descenso según se va abatiendo. Control del movimiento en la cabeza de la pila y en la zapata de retenida mediante nivelación de precisión. Control de la fisuración en la base de la pila que actúa como puntal.



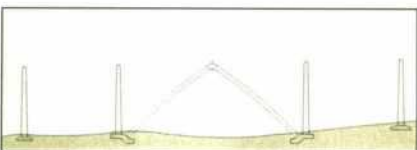
FASE 8. Semiarcos abatidos
Ambos semiarcos quedan suspendidos por los tirantes de descenso y las rótulas de sus bases. El proceso de abatimiento de cada semiarco dura 12 horas aproximadamente.



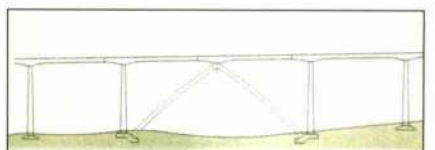
FASE 9. Ejecución de la clave
Ferrallado, encofrado y hormigonado de la clave del arco.



FASE 10. Empotramiento en apoyos
Bloqueo de las rótulas, ferrallado, encofrado y hormigonado de los arranques de los semiarcos.



FASE 11. Retirada de cables de abatimiento
Aflojamiento de la tensión de los tirantes de descenso y retenida y su posterior retirada.



FASE 12. Ejecución de tablero sobre el arco
Ejecución del vano del tablero sobre el arco mediante cimbra autoportante.

solicitudes sobre la misma.

El descenso del semiarco sur se efectuó entre los días 9 y 11 de agosto procediéndose al cierre de la clave, el hormigonado de las zonas de rótulas y la conformación del teñón entre el 12 de agosto y el 1 de octubre, fecha en la que llegó la

cimbra a situarse para realizar el vano que se apoya en la pila quince y en la clave del arco.

La construcción del tablero se está realizando mediante autocimbra deslizante, que se apoya en unas ménsulas provisionales montadas en las pilas, y en el voladizo

de la zona del tablero ya construido durante el hormigonado de la fase anterior. Esta cimbra autoportante tiene una longitud total de 153 metros y de 950 tn, que permite vanos de 66 metros de luz, con una producción de un vano cada dos semanas. **A.R.** □