

VIADUCTOS SINGULARES PARA LAS L.A.V.

Francisco MILLANES MATO

Dr. Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Presidente

general@ideam.es

Luis MATUTE RUBIO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Director General

luis.matute@ideam.es

Miguel ORTEGA CORNEJO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyectos

miguel.ortega@ideam.es

Daniel MARTÍNEZ AGROMAYOR

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyectos

daniel.martinez@ideam.es

Enrique BORDÓ BUJALANCE

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyectos

enrique.bordo@ideam.es

Resumen

Desde el puente sobre el río Cinca, en el mismo inicio por el entonces GIF de la LAV Madrid-Barcelona, con sus 880 m. de longitud total sin juntas, 70 m. de luz máxima y más de 30.000 t. de peso durante el empuje desde un único estribo, IDEAM S.A. ha proyectado más de 24000 m. de longitud total en puentes y viaductos de L.A.V., muchos de ellos singulares, incluyendo 14 viaductos entre 700 y 2500 m. de longitud total. En esta comunicación se presentan las obras más relevantes cuya construcción se ha concluido desde el último Congreso de ACHE en Zaragoza, así como algunos de los proyectos de mayor interés cuyas obras se hallan en curso en las fechas de este nuevo Congreso de ACHE en Valencia.

Palabras Clave: Viaducto alta velocidad, viaductos mixtos, viaductos empujados, viaductos en zonas sísmicas.



Fig. 1 Vista del puente sobre el río Cinca

1. Viaducto Arroyo de las Piedras (LAV Córdoba-Málaga)

Primer viaducto mixto de las LAV españolas, ya objeto de comunicaciones específicas en el anterior Congreso de ACHE en Zaragoza, construido por ALTEC y cuyas principales características son:

- longitud total de 1208.90 m. sin juntas de dilatación intermedias;

- altura de pilas máxima de 93 m;
- primera utilización en las LAV de dispositivos transmisores de impacto con amortiguamiento para aislamiento sísmico en ambos estribos;
- luz vano tipo 63.50 m., superior en 0.50 m. a la Viaducto de Orgón, en Francia, la mayor en estructura mixta bjjácena construída hasta la fecha;
- extensión del concepto de doble acción mixta para hacer frente a la torsión en zonas de flexión positiva.



Figs. 2 a y 2 b Vista general y durante el montaje del Viaducto sobre el Arroyo de las Piedras

2. Viaducto del Salobral (LAV Madrid-Segovia-Valladolid)

Se describen seguidamente las características relevantes de la técnica de dinteles continuos de hormigón pretensado construídos con cimbras autolanzables, cuyo desarrollo se ha ido perfeccionando en anteriores viaductos proyectados por IDEAM (viaducto del Jalón, de 2238 m. de longitud, viaducto del Genil, de 1147 m. de longitud) ya presentados en anteriores Asambleas de ACHE.

El Viaducto del Salobral pertenece al "Proyecto de Construcción Nuevo Acceso Ferroviario al Norte y Noroeste de España, Madrid-Segovia-Valladolid/Medina Del Campo, Tramo: Tres Cantos- Colmenar Viejo" y ha sido construído por Vías y Construcciones S.A.



Fig. 3 Vista general del Viaducto del Salobral

El viaducto consta de una sucesión de 14 vanos hiperestáticos con luces tipo de 55,00 m y dos vanos laterales de 44,00 m. La longitud total del viaducto es de 748,00 m. El trazado en planta se compone de una zona curva con radio 10000 m y una clotoide que unicamente afecta al final del viaducto, zona estribo E-2, cuyo parámetro es $A=1843.91$. En el trazado en alzado se tiene un acuerdo con $K_v=25013$ hasta el p.k. 305+683.000, a partir de dicho p.k. se continua durante todo el viaducto con una pendiente del 2%. El eje del estribo E-1 se encuentra en el p.k. 305+477.500.

La sección transversal del tablero se materializa con una sección cajón de 3,80 m. de canto y 14 m. de anchura en el forjado superior. El núcleo del cajón presenta 5,50 m. de anchura inferior con almas inclinadas a pendiente 1:10 hasta alcanzar la cota inferior del arranque del voladizo. El voladizo resulta, por tanto, del orden de los cuatro metros. Esta disposición de la sección transversal proporciona una adecuada respuesta resistente de la losa superior frente a las

cargas del tráfico ferroviario al ubicarse las vías más centradas sobre las almas del cajón. De esta manera, se mejora la respuesta a flexión de la losa y el control de fatiga de las armaduras pasivas

Para cada fase del proceso constructivo, una vez concluida la ejecución de la losa superior se realiza el pretensado del tablero. Se ha calculado un pretensado total compuesto por un trazado parabólico con 6 ud 24 ϕ 0.6" por alma, y unos pretensados rectos continuos en tabla superior e inferior formados por unidades de 7 ϕ 0.6", 9 ϕ 0.6" y 15 ϕ 0.6", junto con un pretensado recto en losa superior sobre pila en 11,00 m. compuesto por unidades 7 ϕ 0.6" y 9 ϕ 0.6". El pretensado parabólico permanece constante a lo largo del viaducto, mientras, los pretensados rectos van disminuyendo desde estribo 1 al estribo 2 al reducirse las fuerzas horizontales actuando sobre el tablero (interacción vía-estructura, frenado y rozamiento de teflones). Entre fase y fase se disponen acopladores para dar continuidad al pretensado.

Los mamparos de pila se realizan con un paso de hombre que permite el acceso al interior del tablero y la inspección de los aparatos de apoyo a través de huecos dejados en el inferior de dichos mamparos, que también sirven para la retirada de los encofrados interiores durante las fases constructivas, lo que permitió que la sección se hormigonara completa en una sola fase. Los mamparos de pilas se proyectan excéntricos para recoger los movimientos horizontales del viaducto, tan importantes dada la longitud total del mismo. Por este mismo motivo, en el estribo E2 se deja 1.50 m de entrega mientras que en el estribo E1 se dispone 1,00 m. de entrega.

El acceso al interior del tablero se puede realizar a través de los pasos de hombre dejados junto a ambos estribos en el inferior del cajón.

En lo que respecta a la secuencia constructiva, esta se realiza con autocimbra construyendo en cada fase un vano y 11 metros del vano siguiente. Durante el hormigonado la autocimbra se sustenta colgando de la fase anterior y apoyada en la pila del tramo a hormigonar. Cada ciclo se realizaba en un semana gracias a que se encofraba y hormigonaba la sección completa para cada fase, sacando los encofrados interiores por el paso de hombre situado en los mamparos de pilas. La ferralla se premontaba en el estribo 1 y se llevaba a la fase en cuestión con un carro elefante sobre el tablero ya ejecutado.



Figs. 4a y 4b Vista del Viaducto del Salobral en construcción con la autocimbra y el carro elefante

Las pilas tienen una dimensión de 3,50 m. en longitudinal y de 5,50 m. en transversal. Su altura varía de 12,00 m. a 37,00 m. Los aparatos de apoyo del tablero sobre las pilas son dos POT 2400, ambos libres en longitudinal y uno fijo en transversal.

La cimentación de las pilas se realiza mediante zapatas con una tensión admisible del terreno de 5 kg/cm². Las dimensiones de dichas zapatas varían de 10.60*12.00*2.20 m. para las pilas más bajas a 14.00*14.50*3.15 m. para las pilas más altas.

El estribo 2, es móvil, se compone de un cuerpo central y de unos muros laterales con alturas variables.

El estribo 1 es fijo y recoge todas las fuerzas horizontales debidas al frenado, interacción vía-estructura, viento longitudinal y teflones. En este caso la dimensión de la zapata es de 16,00*25,50 m., con un canto de 2,50 m. En el lateral izquierdo se completa con 48,27 m. laterales de muro con alturas variables.

Para recoger las fuerzas horizontales en dicho estribo 1 se disponen dos aparatos de apoyo POT y 12 ud 19 ϕ 0.6" que se tesan desde una cámara de tesado prevista en el estribo.

En ambos estribos se han previsto 2 fases de hormigonado para permitir el paso de la autocimbra.

La cimentación de los estribos se realiza mediante zapatas con una tensión admisible del terreno de 5 kg/cm².

3. Viaductos V-4 y V-1 en la LAV Ankara-Estambul

Se trata de dos viaductos de 2232,00 m. y 1032 m., respectivamente, construidos por OHL en una zona de muy alta sismicidad, con una aceleración del terreno de 0,21 g. que obligó a proyectarlos según un dimensionamiento por capacidad de acuerdo al Eurocódigo 8. Otras características:

- sucesión de vanos tipo isostáticos de 34 m. de luz;
- sección transversal con múltiples doble T y riostras en apoyos;
- pilas pórtico transversal diseñadas por capacidad;
- necesidad de análisis sísmicos avanzados de interacción tablero/apoyo/pilas/cimentaciones y de interacción vía/estructura;
- innovador diseño de un sistema combinado de apoyos tipo POT y apoyos de neopreno precomprimidos para asegurar la ductilidad y compatibilidad de deformaciones durante las acciones sísmicas, aspecto que será abordado con detalle en otra comunicación de este mismo Congreso de ACHE en Valencia.



Figs. 5a y 5b Vistas del Viaducto V-4 en la LAV Ankara-Estambul

Se presentan, asimismo, otros proyectos de gran singularidad que se encuentran en fase de inicio de las obras:

4. Viaducto de Ibaizábal en el tramo Lemoa-Galdakao de la Y Vasca

Viaducto de 475 m. de longitud total, 83.5 m. de luz principal y 61.75 m. de vano tipo. Proyectado en solución mixta, con doble acción mixta generalizada a torsión, para salvar un complicado paso esviado sobre el área de peaje de la Autopista A-8, el trazado de la futura variante Sur Metropolitana de Bilbao, la carretera nacional N-240 y el cauce del río Ibaizábal.

Los vanos principales se han proyectado en solución ábaco, con un acartelamiento de hormigón sobre pilas, para permitir el empuje sobre ellos de la subsección metálica de canto constante sin interrupciones superiores a una noche en las múltiples zonas afectadas ubicadas bajo el empuje (carreteras y área de peaje).

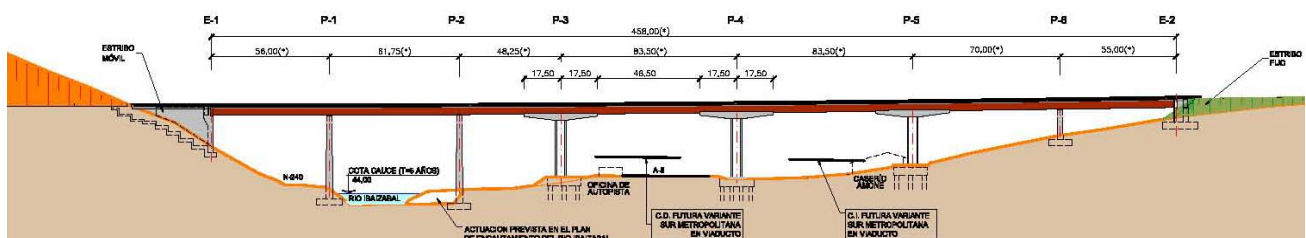


Fig. 6 Alzado del Viaducto de Ibaizábal.

5. Viaducto sobre el río Ulla en el Eje Atlántico de Alta Velocidad

El nuevo viaducto sobre el río Ulla constituye la actuación de mayor alcance y simbolismo del Eje Atlántico de Alta Velocidad. Se halla adjudicado a la UTE Dragados-Tecsa y su construcción ha comenzado después del verano 2008. Su ubicación, próxima al estuario de la ría del Ulla, en un entorno natural de extraordinaria belleza y sometido a especiales condicionantes medioambientales, aconsejó la convocatoria de un Concurso de Ideas entre los más reconocidos proyectistas de nuestro país. La solución que presentamos fue finalmente seleccionada. El Proyecto se orientó fundamentalmente a dar respuesta a la siguiente problemática:

- la exigible prioridad a las cualidades estéticas de la solución y a su integración medioambiental en el entorno;
- la reducción del número de pilas ubicadas en el cauce, siempre dentro de los condicionantes técnicos de los viaductos de alta velocidad y de unos costes de ejecución asumibles;
- el planteamiento de procesos constructivos lo más independientes posibles del cauce y de sus riberas, con objeto de minimizar la afección medioambiental;
- la búsqueda de la máxima transparencia y mínimo impacto visual en el entorno paisajístico.

Los citados condicionantes orientaron la solución hacia una celosía mixta de canto variable, con doble acción mixta en las zonas de flexión negativa, tres vanos principales de 225+240+225 metros de luz y varios vanos tipo de acceso de 120 m. de luz, lo que supone un vano principal con una luz de aproximadamente un 20% superior al del actual record del mundo de su tipología, el puente de Nantenbach, en Alemania, con un único vano central de 208 m. de luz y dos vanos laterales cortos de compensación.

5.1. El Concepto estructural

La solución planteada permite dar adecuada respuesta a los requisitos previos ya citados.

El tablero se proyecta como una celosía mixta de canto variable en los 5 vanos principales (ver figura), con 17,90 m. sobre apoyos y 9,15 m. en centro vano. Los vanos de los viaductos de acceso se proyectan en celosía mixta con un canto constante de 9,15 m.



Fig. 7 Vista del Viaducto sobre el río Ulla

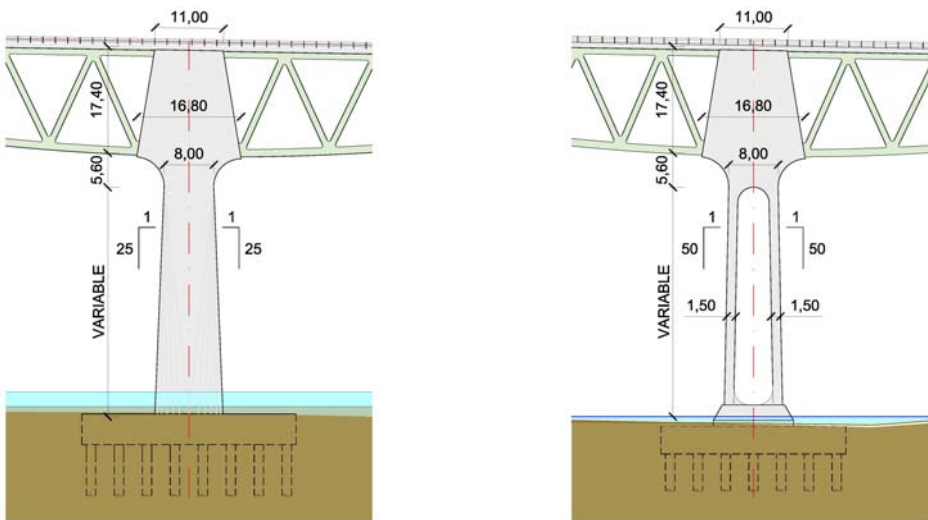
Las cuatro pilas centrales, de cuidado diseño en forma de copa, se hallan rígidamente vinculadas a la celosía mixta del tablero, configurando unos pórticos mixtos con la suficiente rigidez en los tres vanos centrales de luz superior a los 200,00 metros (ver figura) para hacer frente a las exigencias deformacionales de la alta velocidad bajo la acción de sobrecargas actuando sobre vanos alternos.



Fig. 8 Vista lateral del vano principal del Viaducto sobre el río Ulla

Las pilas laterales (ver figura) se proyectan flexibilizando su respuesta frente a desplazamientos impuestos por los efectos térmicos y reológicos del tablero, al mismo tiempo que se garantiza la suficiente rigidez al giro del nudo superior bajo las citadas sobrecargas alternas. Para ello se disponen dos tabiques pantalla macizos, de 1,50 m. de canto, empotrados en sendos extremos en el tablero y la cimentación.

El diseño estructural, manteniendo la ortodoxia de su concepto resistente, puso especial énfasis en la integración formal y geométrica entre los fustes de hormigón y el tablero en celosía mixta. La variación del canto del tablero entre centro de vano y apoyo en pilas, de importante magnitud, se materializa a través de una suave transición a lo largo del vano, con una concavidad hacia arriba en la zona de entronque con las pilas en forma de copa, lo que ayuda a conseguir una suave integración visual con el cauce del río Ulla, sobre el que parece flotar. La elección de los colores, gris perla en los hormigones y verde claro en la celosía metálica, acentúa dicho efecto.



Figs. 9a y 9b Vista de las pilas interiores (P-6 y P-7) y de las exteriores (P-5 y P-8)

5.2. Descripción de la estructura

El viaducto tiene una longitud total de 1620 m. con una distribución de luces de 50+80+3x120+225+240+225+3x120+80 metros (ver figura).

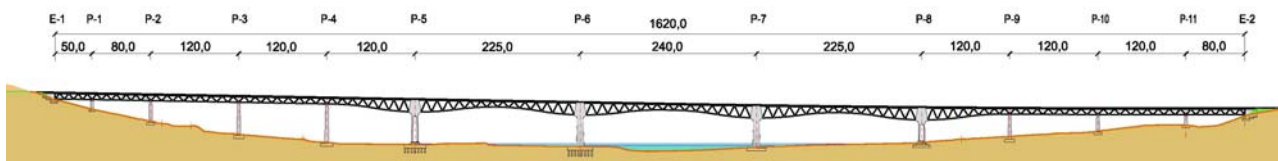


Fig. 10 Alzado del Viaducto

La celosía se modula en segmentos de 15 m. con los nudos del cordón superior equidistantes cada 6 m. y las diagonales inclinadas 60° respecto de la horizontal. Los cordones superior e inferior son paralelogramos de 0,80 m. de ancho y cantos de 1,00 m. y 1,20 m., respectivamente. Las diagonales tienen una sección similar a la del cordón superior.

Los cordones superiores presentan, soldada a su ala superior, una subsección cerrada adicional, embebida en la losa de hormigón, a la que se sueldan los conectores, lo que permite aproximar el eje de transferencia de la conexión al baricentro de la losa superior, reduciendo así las flexiones parásitas por excentricidad en la citada conexión.

El acero utilizado es de calidad S355-J2 para los vanos de acceso y de calidad S460M y ML para los tres vanos principales. El espesor de chapas nunca supera los 80 mm.

La losa superior tiene un canto variable entre 0,46 y 0,25 m. El hormigón in situ, C35/45, se ejecuta sobre losas prefabricadas colaborantes en la zona entre celosías. Las zonas voladas se hormigonan en segunda fase mediante carros de encofrado.

El hormigón de fondo, C50/60, se ubica entre los cordones metálicos inferiores de la celosía, conectándose a los mismos para materializar la doble acción mixta en las zonas sometidas a flexión negativa. En las zonas de centro de vano se disponen unas placas de hormigón prefabricadas sin conectar que, al mismo tiempo que cierran formalmente la vista inferior de la estructura, garantizan y facilitan las tareas de inspección y mantenimiento, así como la seguridad de los trabajos de montaje de la estructura.

Las cuatro pilas centrales se empotran rígidamente en las celosías del tablero, conformando un pórtico mixto de gran rigidez que asegura, asimismo, la recogida de los esfuerzos horizontales de frenado. Los fustes, con forma de cáliz, se coronan en su entronque con el tablero, a través de un nudo trapezoidal de 17 m. de altura, anchura variable entre 11 y 16 m. y una sección de garganta de 8 m. de ancho. La altura total del fuste de las pilas es de 60 m. respecto a la cara superior de la cimentación.

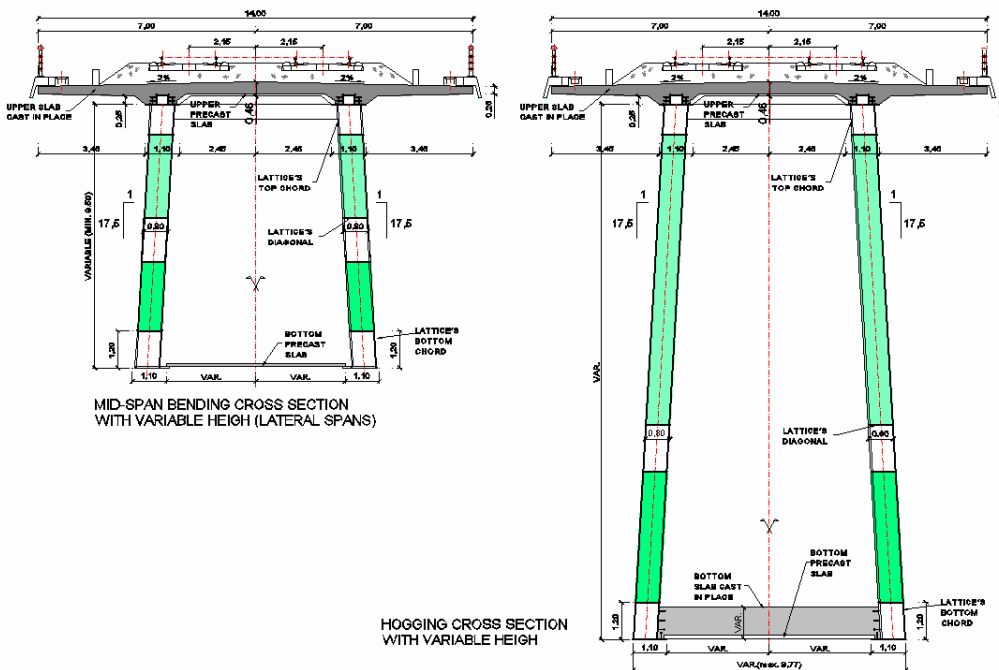


Fig. 11 Secciones transversales

La rigidez de las pilas principales se optimizó de forma que, al mismo tiempo que confieren la necesaria coacción a las rotaciones en los nudos de apoyo del tablero, controlan el nivel de flexiones que, a través del efecto pórtico, se transmiten a la cimentación, evitando su sobredimensionamiento.

Por ello, las pilas principales laterales, situadas en el extremo exterior de los pórticos de 225 m. de luz, se proyectaron con dos tabiques exentos empotrados en las base (cimentación) y cabeza (nudo trapezoidal). Se controlaron así los niveles de empotramiento a flexión derivados de la fuerte descompensación de luces, de 225 y 120 m., de los vanos de tablero adyacentes, así como las flexiones derivadas de los desplazamientos impuestos en cabeza de carácter térmico y reológico, sensiblemente superiores a los de las dos pilas centrales a causa del considerable incremento en este caso de su distancia al punto neutro de desplazamientos, del orden de 350 m.

El resto de las pilas de los vanos de acceso es convencional, de tipo pantalla, huecas con tabiques de 0,30 m. de espesor. Su altura oscila entre 20 y 52 m. Los apoyos del tablero sobre dichas pilas se proyectan mediante dispositivos de tipo esférico deslizantes, totalmente libres longitudinalmente y con un desplazamiento transversal impedido en uno de ellos.

5.3. El proceso constructivo

El proceso constructivo se estudió exhaustivamente con objeto de minimizar la afección sobre el propio cauce del Ulla y la zonas ribereñas. La pila P5 se ubicaba en la zona de carrera de marea, próxima a la isla Tellería pero fuera de ella por condicionantes ambientales. Se ha previsto un acceso a la misma desde la ribera a través de una plataforma conformada por cajones prefabricados huecos que permiten el flujo de la corriente a través de los citados huecos. Los cajones serán retirados tras la construcción del viaducto.

La cimentación de las pilas principales se construye a partir de un perímetro tablestacado, protegido con escollera y barreras filtrantes para evitar la contaminación del cauce, y posteriormente relleno de material granular para materializar una plataforma estable para trabajar en seco. Se han previsto hasta tres amplias zonas como parques de premontaje de segmentos de celosía, de 15 m., a partir de los elementos y nudos ya terminados en el taller metálico. Los segmentos son trasladados desde el parque de ensamblaje, mediante plataformas especiales de múltiples ejes, hasta la base de los fustes de las pilas. En las pilas ubicadas en el cauce el transporte desde el parque de ensamblaje se hace mediante barcaza. El avance del tablero se plantea en voladizo mediante carros que toman las dovelas desde la vertical de la pila y la transportan sobre railes hasta el frente de avance.

En los tramos de acceso el montaje se realiza, con ayuda de apeos intermedios, a partir de subtramos de entre 25 y 40 m., según las posibilidades de ubicación de los citados apeos, que posteriormente son izados mediante gatos. Sólo en algunos casos de difícil acceso resulta necesario el recurso a una elevación con ayuda de grúas.

Una vez concluido el montaje de la estructura metálica se procede al hormigonado del cordón inferior de la celosía sobre placas colaborantes prefabricadas. Posteriormente se procede al hormigonado de la losa superior, sobre prelosas prefabricadas en la franja entre celosías y con ayuda de carros en las zonas voladas.

Finalmente se procede a la restauración mediambiental a través de múltiples medidas correctoras.

6. Viaducto de Archidona-Peña de los Enamorados en la LAV Córdoba-Málaga

La obra se encuentra comprendida entre dos tramos de la LAV Córdoba-Granada (Peña de los Enamorados-Archidona y Archidona-Arroyo de la Negra) y presenta varios rasgos comunes con el Viaducto del Arroyo de las Piedras en cuanto a la tipología del dintel. Como aspectos de mayor interés de su diseño destacaremos la gran longitud de la estructura entre juntas (3.150 m, la mayor hasta ahora proyectada con juntas únicamente en estribos), así como su situación en una zona sísmica de cierta importancia.

La solución elegida es la de dintel mixto de canto constante en sección bijácena metálica (ver figura), materializada con doble viga metálica de 2,95 m de canto, más una losa superior de 0,40 m. de canto conectada a ambas almas. La separación entre vigas es de 6 metros a nivel superior, presentando éstas un paramento ligeramente inclinado, por lo que su anchura aumenta a lo largo del canto hasta llegar a 6,60 m. en la cara inferior. El ancho de la plataforma soportada es de 14,00 m. La losa superior incorpora el bombeo necesario en la plataforma, de modo que crece hasta los 45 cm. de canto en el eje del tablero, partiendo de 25 cm. en el voladizo. La losa inferior de hormigón que cierra la sección sirve para materializar la doble acción mixta en secciones de negativos y para cerrar el circuito de torsión en las secciones de centro de vano, tal y como se había ya diseñado en el Viaducto del Arroyo de las Piedras. La sección es visitable e inspeccionable en su totalidad, permitiendo el acceso a las cabezas de las pilas y a los aparatos de apoyo.

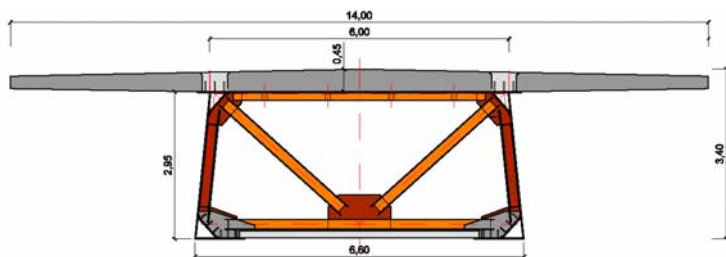


Fig. 12 Sección por centro de vano

La distribución de luces de la estructura es 35,00 + 30 x 50,00 + 2 x 65,00 + 29 x 50,00 + 35,00 m. (total 3.150 m). La secuencia de vanos tipo, de 50 m., resulta adecuada desde el punto de vista de la sistematización y repetitividad que puedan facilitar la construcción, y se hace posible por la ausencia de grandes condicionantes en planta. Se ha pensado, además, como aspecto positivo, en la ubicación de los postes de catenaria (cada 50 m.) coincidiendo con los ejes de apoyo sobre las pilas tipo, donde los movimientos (rotaciones) del tablero son mínimos bajo el paso de las sobrecargas.

Los vanos de 35,00 m. vienen marcados por la compensación del vano tipo, y los de 65,00 m. corresponden a los adyacentes al punto fijo o pila central.

La pila tipo se resuelve por medio de dos fustes de sección constante rectangular, en hormigón armado, y con la inclinación que presenta la sección transversal (ver figura). Éstos se encuentran unidos por un dintel en cabeza para conferir rigidez en sentido transversal, en el cual se encuentran vinculados al tablero, mientras que en sentido longitudinal éste se encuentra libre, habiendo dispuesto aparatos de apoyo esféricos deslizantes MSM de la casa Maurer. Las pilas presentan una altura media de unos 25 m. Las cimentaciones, pilotadas en la totalidad del viaducto, constan de 4 pilotes de diámetro 2,00 m. por pila tipo, con una longitud media de unos 30,00 m.

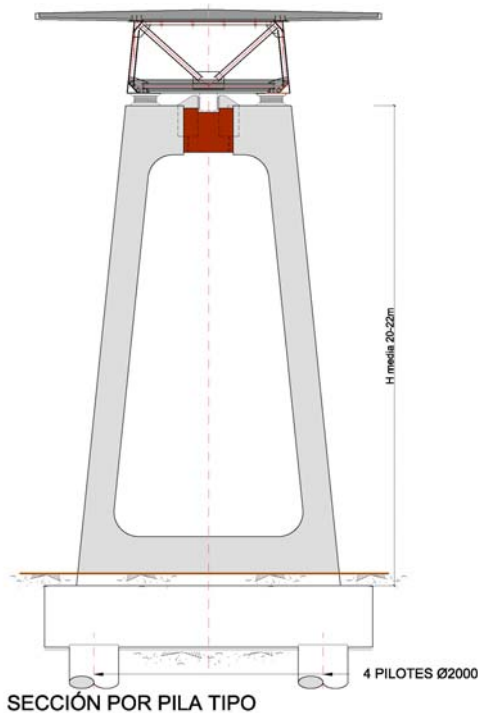


Fig. 13 Sección por pila tipo

La pila central (ver figura), único punto fijo de la estructura, se proyecta en célula triangular, formada por la inclinación y unión de dos pilas tipo. La base del triángulo conecta los arranques de los fustes de las pilas inclinadas y une los dos encepados de 14 pilotes cada uno (de 2,00 m. y 32,00 m. de longitud). El dintel, que en esta zona presenta una ligera variación de canto, y una luz de 65,00 m., se empotra en la cabeza de la pila.

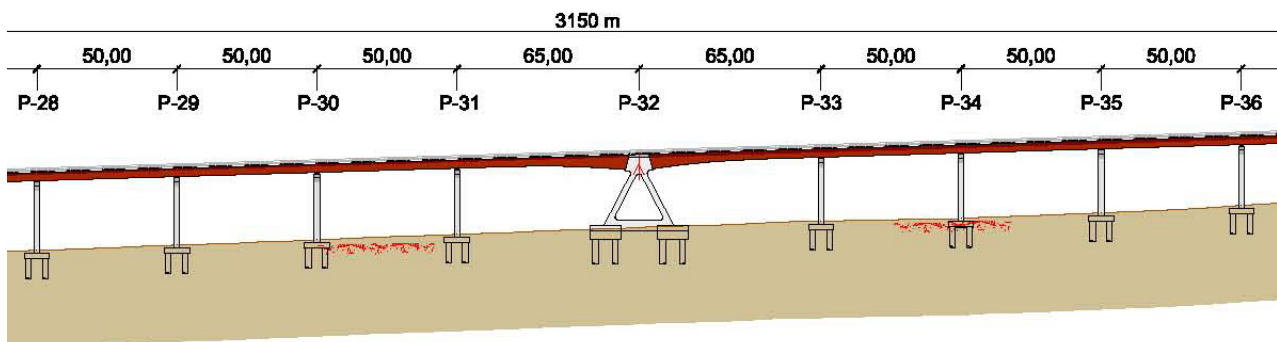


Fig. 14 Alzado del Viaducto

El diseño del dintel ha venido condicionado por la necesidad de disponer de un punto fijo claramente identificable, a efectos de las acciones longitudinales no accidentales a las que se enfrentará la estructura durante su vida útil (variaciones de temperatura, retracción y frenado, principalmente). Una vez se ubica el punto fijo, éste viene dimensionado por el efecto de la acción sísmica longitudinal. En sentido transversal, dada la importantísima longitud de la estructura, cada pila recibe sensiblemente la parte proporcional de acciones correspondientes a su longitud tributaria.

El hecho de disponer una estructura de semejante longitud sin juntas entre estribos surgió tras la evaluación de diferentes condicionantes. En primer lugar, dada la altura media de las pilas obligada por el trazado en alzado, y el tipo de terreno subyacente (cimentación pilotada en arcillas), la solución a base de vanos isostáticos fue descartada por los elevados movimientos longitudinales que introducía el frenado (para unas dimensiones de pila razonables), no admisibles por la vía. Una vez asumido esto, ya que la longitud del dintel exige disponer juntas en la vía, se optó por colocarlas a poder ser sólo en los estribos, huyendo de juntas a mitad del tablero, con la limitación que impone el máximo recorrido empleado hasta el momento en aparatos de dilatación de vía (1.200 mm.). Este dato prácticamente impuso la ubicación en la mitad del dintel del punto fijo, por cuanto una deformación longitudinal total de 0,60-0,70 mm/m. para 1.600 m. nos deja muy cerca del límite de carrera del aparato.

Con el fin de poder reducir en la medida de lo posible dicha deformación, se han previsto las siguientes disposiciones en el diseño:

- Empleo de losas prefabricadas a sección completa en las secciones de centro de vano (aproximadamente la mitad de la longitud del puente). De esta forma, ejecutándolas con anterioridad, se reducen las deformaciones por retracción, además de añadir las ventajas de la prefabricación a una obra de esta longitud. Se hormigonan in situ únicamente las juntas entre placas y los alveolos para los conectadores. La losa en zona de negativos se realiza por medio de la solución tradicional de prelosa más hormigonado in situ del resto de sección, no realizándose como las de centro de vano al no poder ejecutarse correctamente el solape de armaduras de gran diámetro en las juntas.
- Reducción de las deformaciones reológicas mediante tramo de ajuste en el proceso constructivo. Se ha pensado el montaje del dintel en cuatro partes, dos comenzando desde estribos hacia pila central, y dos en sentido inverso. La unión entre tramos (y la simultánea liberación del anclaje temporal del tablero al estribo) se realizará unos 750 m. de pila central y estribos. En este momento, y mediante la ejecución de un vano especial de ajuste, con una longitud mayor a la del vano tipo, e igual al acortamiento que se haya producido por retracción durante la construcción, puede neutralizarse dicho movimiento a efectos de la apertura de junta en el estribo.
- Control de las temperaturas de montaje y conexión de tramos.
- Contraste entre temperaturas de diseño recogidas en normativas y temperaturas reales medidas en el Viaducto del Arroyo de las Piedras, para evaluar su incidencia.

En todo caso, las deformaciones totales de los dinteles mixtos armados, permiten una reducción de entre el 30 al 40% respecto a las de los dinteles continuos pretensados que, por tanto, no hubieran permitido movimientos en las juntas de estribos admisibles para la gran longitud de este viaducto.

Respecto a la pila central, la acción que condiciona su diseño es la de sismo longitudinal. Se ha proyectado de tal forma que sea capaz de soportar por sí sola la fuerza que induce el sismo en la totalidad de la estructura, del orden de las 10.000 t. Dicha fuerza ha de ser resistida a su vez por los 28 pilotes de la cimentación de la pila central. Dada la importancia estructural, y la magnitud de los esfuerzos de que estamos hablando, se han realizado estudios para caracterizar el terreno y dejar acotadas sus propiedades. Para ello, la campaña geotécnica se ha completado con un estudio geofísico del área de implantación de la pila central, permitiendo definir con mayor precisión los parámetros sísmicos del terreno, así como también los parámetros resistentes del mismo a emplear en el dimensionamiento de los pilotes, y en la comprobación del colapso del terreno, frente a la acción del sismo. En este sentido, se han realizado adicionalmente modelos de elementos finitos (para la pila tipo y la pila central, con cálculos dinámicos y pseudoestáticos) que han permitido calibrar la adecuación de los modelos convencionales de muelles con los cuales se habían predimensionado estas cimentaciones.

En la actualidad, se encuentra en construcción el primer tramo de la estructura, siendo ejecutada por DRAGADOS.