

# III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI  
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



## Realizaciones



## NUEVAS REALIZACIONES DE PUENTES CON DOVELAS PREFABRICADAS

Santiago PEREZ-FADON, Jose Emilio HERRERO,

Carlos BAJO, Marcos SANCHEZ, Pablo GONZALEZ,

Luis MARTIN-TERESO , Rebeca GOMEZ

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Ferrovia – Agromán.

## RESUMEN

En los últimos años la industria química relacionada con el hormigón ha realizado avances no imaginables hasta ahora. Hoy en día es posible fabricar hormigones de consistencia totalmente líquida que se mueven sin ninguna segregación, por lo que es posible colocarlos sin ninguna operación de vibrado. La aplicación de estos hormigones no se supedita las obras muy singulares sino que por sus ventajas, en nuestra opinión en el futuro inmediato su uso se extenderá a todo tipo de obra. Así, los últimos puentes de dovelas ejecutados en Ferrovial-Agromán se están construyendo con este tipo de hormigón. Además, se describen otras aplicaciones con hormigones de altas resistencias y autocompactables.

Además del hormigón autocompactante se han utilizado nuevas técnicas en las realizaciones en puentes de dovelas: se ha aumentado las luces de los viaductos; se ha optimizado el pretensado; utilización de varios sistemas de conexión tablero – pilas; utilización de amortiguadores antisísmicos.

## PALABRAS CLAVE

Hormigón autocompactante, rapidez construcción, humo de sílice, superfluidificante ( policarboxilatos), control de procesos y materiales.

Dovelas, prefabricación, construcción en voladizo, lanzador, hormigón autocompactante, velocidad de montaje, conexión tablero-pilas, amortiguadores antisísmicos.

## 1. HORMIGON AUTOCOMPACTANTE Y AUTOCOMPACTABLE

Este tipo de hormigón es aquel que no necesita para su compactación nada o muy poca vibración.

Aunque hasta ahora se había usado la terminología “autocompactable” se está empezando a oír el termino “autocompactante”. Sin embargo se podrá adoptar como autocompactable aquel que tiene la facultad de compactarse por si

mismo con o sin ayudas, y autocompactante el que se compacta sin ninguna ayuda aun partiendo del reposo.

La tecnología HAC se desarrolló inicialmente en Japón, a partir del estudio de aditivos superfluidificantes para el hormigón.

En la actualidad, en Europa se ha adoptado el HAC con entusiasmo, tanto en el sector del hormigón preparado y obra civil.

## 1.1. Ventajas

Como factores beneficiosos del uso de este hormigón se cuentan los siguientes:

- Reducción de mano de obra necesaria para la puesta en obra, sin necesidad de personal especializado
- Alta fluidez y habilidad para fluir dentro del encofrado y rellenarlo bajo su propio peso, evitando posibles coqueras durante el proceso de hormigonado.



Figura 1. Ensayo de Anillo J

- Mayor facilidad de colocación, habilitando el paso del hormigón a través de las armaduras.
- Estabilidad adecuada para evitar la segregación de sus componentes. Se obtiene una mejora en la durabilidad.

- Secciones de hormigón más reducidas, disminuyendo así el peso de la estructura durante el proceso constructivo.
- Un mejor acabado superficial
- Mayor libertad y posibilidades en el diseño.

## 1.2. Consideraciones durante el hormigonado

Entre las consideraciones a tener en cuenta durante el hormigonado están:

- Refuerzo del molde de hormigonado de dovelas, debido a las presiones que alcanzan estos hormigones, ya que se comportan como fluidos.



**Figuras 2 y 3. Refuerzo del molde**

- Utilización de un desencofrante adecuado en los moldes para evitar el pegado entre la dovela hormigonada y la dovela de contramolde durante la operación de desmoldado
- Cantidad de aditivo a utilizar durante el proceso de mezclado del hormigón en relación con la masa de cemento para modificar las propiedades del hormigón fresco.
- Planificación del hormigonado para evitar tiempos muertos que puedan paralizar el avance de hormigón.

- Tiempo de actuación del aditivo muy variable con la temperatura.

### 1.3. Dosificación del hormigón autocompactante

Los hormigones autocompactantes tienen diferentes particularidades en el diseño de su fórmula de trabajo y elaboración, sin embargo, se pueden destacar tres elementos clave:

- Humo de sílice. Es necesario para lograr altas resistencias, pero no para conseguir la autocompactabilidad, en caso de utilizarse influye en la fluidez. El humo de sílice o microsílíce es sílice prácticamente pura ( $\text{Si}_2$  en más del 90%) que reacciona con la cal libre que proviene de la reacción del cemento, resultando nuevas moléculas de silicato cálcico. Esto limita la eficacia de esta adición por la cal que es capaz de dejar un cemento en su reacción. Por este motivo se dice que no se debe añadir más microsílíce que el 10% del peso de cemento. Lo que se añadiese por encima de esa cantidad actuaría simplemente como filler. Además la altísima finura de los granos hace que la reacción sea muy rápida. Recientemente se están comercializando otros productos con mayor pureza y menor tamaño de grano que se fabrican específicamente para el hormigón como es la nanosílíce, la cual se administra en líquido lo que supone una ventaja para su dosificación.
- Superfluidificante de última generación (policarboxilatos). Es el aditivo clave para conseguir un HAC, el efecto es tan importante que se puede bajar la relación agua cemento significativamente y a la vez aumentar el cono. Hoy en día se puede llegar a relaciones agua/conglomerante de menos de 0.3, y además tener consistencias líquidas.

Con los policarboxilatos la pasta de cemento adquiere un aspecto gelatinoso que hace que no se separe del árido con lo cual se evita la segregación. Potenciando esta cualidad y con áridos adecuados se consigue el “hormigón autocompactante” que no necesita ser vibrado.

- Control del proceso y de los materiales.

Una vez fijada la fórmula de trabajo de un hormigón de este tipo hay que garantizar que todos sus



**Figura 4 Dovelas prefabricadas de Vto. Huarea**

parámetros se mantienen constantes. Así el control de la uniformidad de las materias primas y del proceso es esencial para asegurar el producto:

- Control del contenido de la humedad de los áridos y su absorción. Para mantener la relación agua cemento.
- Control de la uniformidad y limpieza en los áridos.
- Control en la dosificación, con sistemas que corrijan automáticamente el peso en función de la humedad determinada.
- Planta con amasadora y control mediante amperímetro de la fluidez.
- Aprendizaje del manejo de este hormigón por parte de encargados y operarios. Sus características “casi tixotrópicas” que pueden extrañar al principio.

El hormigón utilizado para las dovelas del Viaducto de RioMayor tiene la siguiente dosificación :

**Tabla 1. Dosificación del hormigón empleado en el viaducto de RioMayor**

|                                 |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Cemento tipo CEM I – 42,5R      | 450 Kg / m <sup>3</sup>               |
| Arena 0 / 5 mm silicea 36 %     | 645 kg / m <sup>3</sup>               |
| Arena 0 / 4 mm caliza 19 %      | 347 kg / m <sup>3</sup>               |
| Gcillo 6 / 12 mm calizo 45 %    | 797 kg / m <sup>3</sup>               |
| Agua                            | 176 Lit/ m <sup>3</sup>               |
| Relación a / c                  | 0,39                                  |
| Aditivo cohesio. al 0,6 % spc   | 2,70 Lit / m <sup>3</sup>             |
| Aditivo superfluidif. al 1,12 % | 5,04 Lit / m <sup>3</sup>             |
| Consistencia fluida             | Cumplir parámetros de autocompactante |

La cantidad de agua deberá ser corregida en cada amasada por la humedad y absorción real de los áridos .

Por la escasez de finos y el bajo contenido de pasta, se utilizó un aditivo cohesionante.

#### 1.4. Ensayos a realizar previos al proceso de hormigonado

El adecuado comportamiento del hormigón autocompactante en estado fresco, exige de las mezclas una alta fluidez con suficiente viscosidad y cohesión entre los componentes a fin de garantizar un flujo continuo y uniforme en toda la masa, sin exhibir segregación y sin que se produzca el bloqueo de hormigón entre las armaduras.

Para evaluar la autocompactabilidad, han sido desarrollados nuevos ensayos:

- Extensión de flujo.



**Figura 5. Ensayo de extensión de flujo**

- Anillo japonés.
- Caja en L.
- Embudo – V.
- Caja en U.

### 1.5. Hormigones especiales para distintas realizaciones

El uso de hormigones de altas resistencias se está haciendo más sencillo en los últimos años. Las razones son la utilización de micro sílice y la aparición de nuevos superfluidificantes. Estos componentes están mejorando además otras propiedades como la puesta en obra o la durabilidad, por lo que ya se habla de hormigones de altas prestaciones. Este es el caso de hormigones HA-100 para dovelas de túneles y HA-80 autocompactante para el revestimiento de un túnel debido a las dificultades que supone su puesta en obra por la gran cantidad de ferralla.



**Figura 6 Túnel de Lilla HA-80 autocompactable**

## **2. NUEVAS REALIZACIONES DE PUENTES DE DOVELAS**

Los puentes de dovelas que se describen en la presente ponencia se caracterizan por el proceso constructivo, que es la construcción en voladizo mediante dovelas prefabricadas.

El método consiste en realizar las dovelas en las que se divide el tablero en un parque de prefabricación situado cerca de la ubicación del puente.

Posteriormente se colocan en su posición con una estructura auxiliar metálica que se apoya inicialmente en la pila (lanzador); partiendo de la primera dovela sobre la pila, el lanzador coloca las dovelas adyacentes, de forma alterna, en el lado dorsal y frontal, hasta completar todo el voladizo (T de la pila).

Esta T se conecta al final de su brazo dorsal con el puente ya construido mediante una dovela hormigonada “in situ”. El lanzador entonces se avanza hasta apoyarse en la siguiente dovela y se repite el proceso.

Este método de construcción tiene como principales ventajas:

- 1- Corto plazo de construcción; ejecución simultánea de subestructura y tablero, rápida colocación del tablero.
- 2- El control en la calidad de la ejecución; el tablero se prefabrica fuera del puente en un emplazamiento adecuado.
- 3- Disminución de la incidencia de las condiciones meteorológicas tanto en el ritmo, como en la calidad de la construcción.

### **2.1. VIADUCTO DEL ALCAZABA**

El viaducto de La Alcazaba se ubica en el tramo enlace de Albuñol – Variante de Adra, correspondiente al proyecto de construcción de la Autovía del Mediterráneo, N-340 de Cádiz a Barcelona por Málaga.

Se caracteriza por encontrarse en una zona de alto grado de sismicidad y se han utilizado dispositivos amortiguadores para reducir el efecto del sismo en la estructura.

### 2.1.1. Descripción de la estructura

El viaducto de La Alcazaba presenta longitud de 221 m, distribuidos en 5 vanos de luces 22.25–55.71–65.00–55.71–22.25.



**Figura 7. Alzado del viaducto.**

La sección transversal del tablero es un cajón monocelular de canto variable de 3.25 m sobre las pilas centrales y de 1.85 m de canto en centro de vanos y vanos extremos. El ancho de la losa inferior es de 5,40 m y el de la losa superior de 11,50 m distribuida de la siguiente forma: impostas de 0.50 m, arcén de 1 m, doble calzada de 3.50 m, arcén de 2.50 m e imposta de 0.50 m.

Las pilas del vano principal presentan una altura aproximada de 70m. y tienen una doble configuración. En los 25 metros superiores estas pilas son dos

pantallas que se empotran al tablero y mediante una transición de 5 metros pasan a tener una sección cajón en la parte inferior.

## 2.1.2. Materiales de construcción

El hormigón utilizado para la fabricación de las dovelas, es un hormigón HP35, mientras que en pilas y estribos se ha utilizado un hormigón HA30.

## 2.1.3. Proceso constructivo

El grado sísmico de la zona de Granada ha añadido dificultad al proceso constructivo, ya que se han tenido que adoptar elementos de atado provisionales entre el tablero y las pilas durante la fase de montaje. Para ello se han utilizado cordones de pretensado que ataban el tablero a las pilas en las tres direcciones del espacio. Una vez que se realizaba la unión permanente del tablero con las pilas se retiraban estos tendones de cosido.

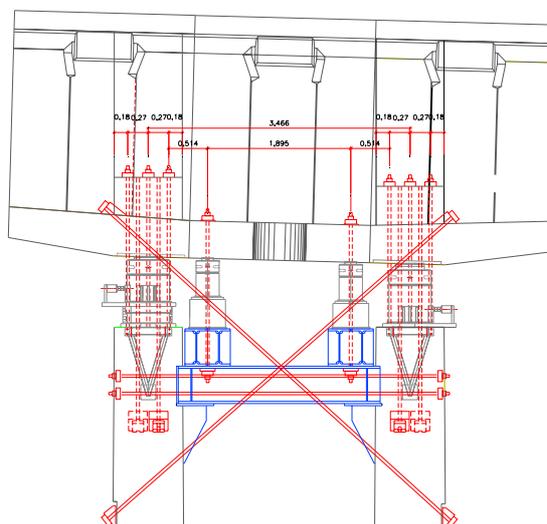


Figura 8. Detalle de atado antisísmico en fase de construcción.

Además, se han dispuesto unos amortiguadores en ambos estribos con el objeto de reducir los movimientos del tablero y por tanto los esfuerzos en pilas y estribos que se producen con la hipótesis de carga sísmica.

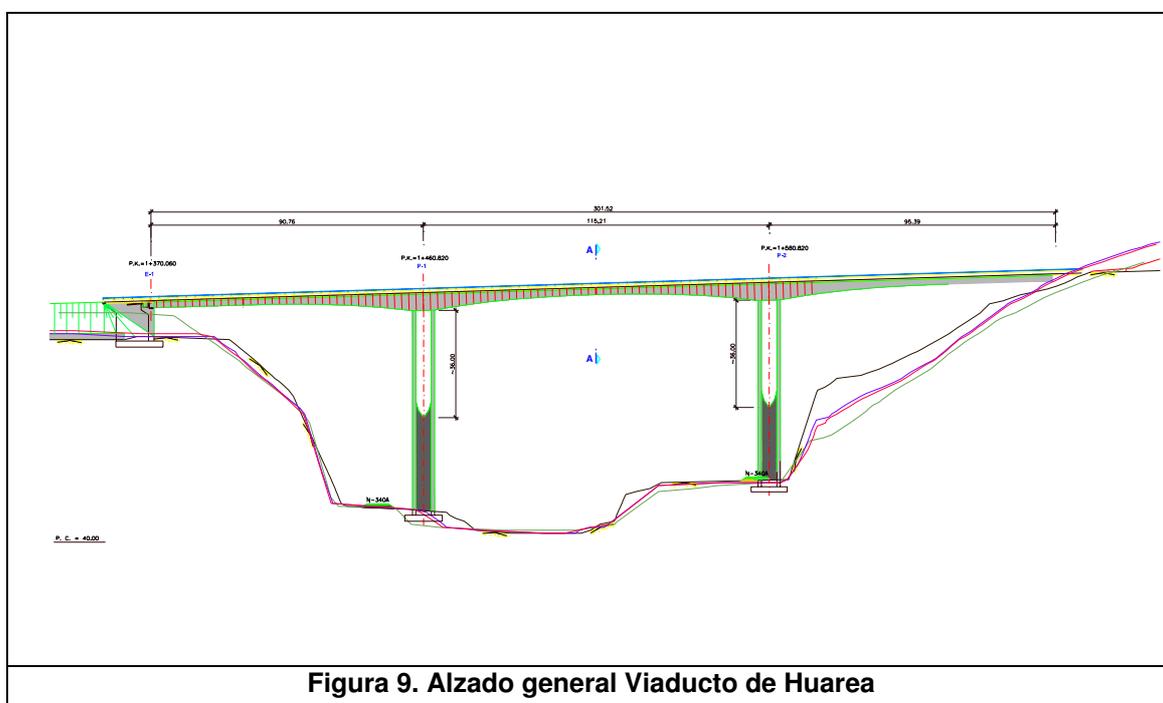
## 2.2. VIADUCTO DE HUAREA

El viaducto de Huarea se ubica en el tramo enlace de Albuñol – Variante de Adra, correspondiente al proyecto de construcción de la Autovía del Mediterráneo, N-340 de Cádiz a Barcelona por Málaga.

Se caracteriza por la luz de vano que alcanza de 115 m, para un puente de voladizos sucesivos mediante dovelas prefabricadas.

### 2.2.1. Descripción de la estructura

El viaducto de dovelas prefabricadas de Huarea tiene una longitud de 301,52 m, distribuidos en 3 vanos de luces 90,76 + 115,21 + 95,39.



La sección transversal es del tipo cajón monocelular de canto variable de 6 m sobre pilas a 2,40 m en centro de vanos y estribos. El ancho de la losa inferior es de 5,40 m y el de la losa superior de 11,50 m distribuida de la siguiente forma: impostas de 0.50 m, arcén de 1 m, doble calzada de 3.50 m, arcén de 2.50 m e imposta de 0.50 m.

El voladizo de la losa superior es de espesor variable de 0.15 a 0.55 m. El espesor de la losa superior es constante de 0.25 m. Las almas son de espesor constante de 0.40 m. La losa inferior es de espesor variable de 0.60 m sobre pilas a 0.25 m en centro de vano y 0.40 m en estribos.

Las pilas son de secciones distintas: en los 36 metros superiores se disponen 2 pantallas de 1,10 m de canto y anchura variable con pendiente 2,5% desde los 5,40 m en cabeza, separadas 6,25 m entre ejes. Estas pantallas se empotran en tablero y en la sección inferior, donde se han añadido a las pantallas sendas riostras transversales de 0,50 m de canto que cierran la sección cajón. La altura total de las pilas es de 73,8 m y 62,7 m.

### **2.2.2. Materiales de construcción**

El hormigón utilizado para la fabricación de las dovelas, es un hormigón autocompactante de resistencia característica 50 N/mm<sup>2</sup>.

### **2.2.3. Proceso constructivo**

El aumento de luces en nuevos viaductos, está limitado por la máxima longitud posible entre apoyos del lanzador.

Este aumento de luces permite una mayor rapidez de construcción.

En el estudio de la cinemática hay que tener en cuenta:

- El pretensado de servicio, que es el de voladizo; se incrementa con uno provisional, para contrarrestar los esfuerzos debido a las posiciones del lanzador durante la construcción del viaducto.
- Comprobar, en esta fase de autolanzamiento, que existe una compresión mínima en las dovelas, que asegura la correcta transmisión

del cortante en una junta con llaves; tal como se indica en el Código Modelo. El estudio multifases para este tipo de estructuras es mayor para evitar posibles tensiones residuales en el tablero durante la construcción.

El viaducto inicialmente lo calculó Torroja Ingeniería S.L. y tenía unas luces de  $90,76 + 120 + 90,76$  m. Al empezar la ejecución de caminos auxiliares para la construcción del viaducto, se observó inestabilidad en una de las laderas, lo que llevó a una modificación de luces  $90,76 + 115,21 + 95,39$ , desplazando la pila 2, disminuyendo el vano de mayor luz, y aumentando el vano correspondiente con dovelas descompensadas. Este cambio de luces da lugar a un nuevo diseño del viaducto. Este nuevo diseño aprovecha parte de las dovelas que ya están hormigonadas.

Existen dos vanos con 13 y 15 dovelas descompensadas para los cuales se utiliza una pila auxiliar para colocación de estas dovelas.

Actualmente está en proceso de ejecución este viaducto.

## **2.3. VIADUCTO DE SANTIURDE**

El viaducto de Santiurde se encuentra situado en el subtramo Pesquera-Reinosa, correspondiente al proyecto de construcción de la Autovía "Accesos a la Meseta".

### **2.3.1. Descripción de la estructura**

El viaducto de Santiurde tiene una longitud total de 450 m, distribuidos en 6 vanos de luces 46.4m-69.7m-82.9m-96.0m-96.0m-59.0m.

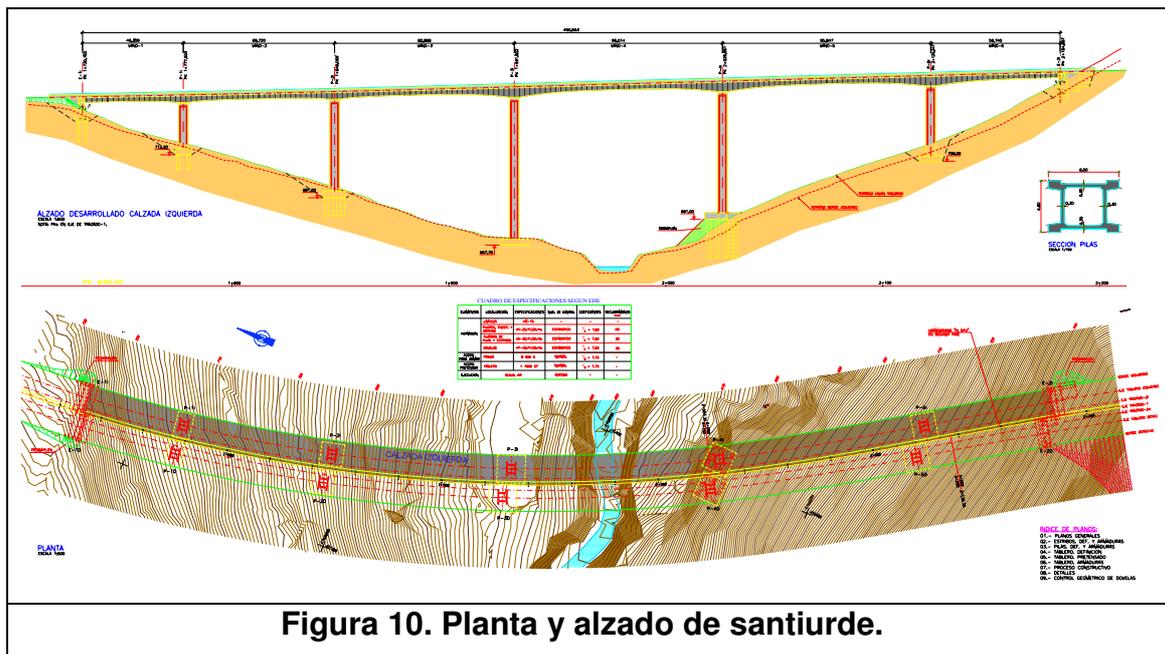


Figura 10. Planta y alzado de santiurde.

Longitudinalmente, el tablero es una viga continua sin juntas de dilatación. Tiene 5 pilas por calzada. Las 2 primeras son T de 65m y las 3 restantes son T de 96m de longitud. El conjunto del tablero se completa con 4 o 5 dovelas descompensadas en los vanos extremos (colocadas en voladizo desde el estribo).

La sección transversal esta compuesta por 2 cajones monocelulares de 6.5m de ancho con voladizos, correspondientes cada uno de ellos a una calzada (12.30m de ancho de losa superior). Ambos cajones están unidos en su voladizo interior mediante una losa hormigonada in situ de 1.5m de ancho, completando el conjunto un ancho total de plataforma de 26.10m.

El canto es variable, de 4.75 m sobre pilas a 2.50 m en el caso de las Tes de 96m y de 3.50m sobre pilas a 2.50m en las Tes de 65m. Las almas son verticales y de espesor constante de 0.40 m. La losa inferior es de espesor variable de 0.60 m sobre pilas a 0.23 m en centro de vano.

Las pilas se han diseñado con una sección transversal tipo cajón. El apoyo del tablero en la pila se realiza mediante un apoyo centrado por medio de un dintel superior. La solución encajada presenta una altura de pilas de 20, 43, 65, 55 y 32 m respectivamente.

### 2.3.2. Materiales de construcción

El hormigón empleado fue tipo HP-40 autocompactante en dovelas, HA-30 en pilas y alzados de estribos, y HA-25 en cimentaciones.



Figura 11. Autolanzamiento.



Figura 12. Colocación dovela cero

## 2.4. VIADUCTO DE RIOMAYOR

El viaducto de Río Mayor se encuentra situado en el subtramo Soto del Barco-Muros del Nalón, correspondiente al proyecto de construcción de la Autovía del Cantábrico.

Para minimizar la afección sobre el valle, se planteó la construcción del puente en voladizos sucesivos mediante dovelas prefabricadas.

### 2.4.1. Descripción de la estructura

El viaducto de Río Mayor, tiene una longitud total de 322 m y una altura sobre el fondo del valle de 78 m, siendo la pila más alta de 68 m. La sección transversal presenta dos tableros independientes, ambos con un ancho total de plataforma de 13.50 m.

El viaducto tiene 4 vanos, de 96 m de luz los interiores y de 65 m los extremos.

El tablero es una viga continua sin juntas de dilatación. La sección transversal es un cajón monocelular con voladizos. El canto es variable, de 4.75 m sobre pilas a 2.50 m en centro de vano y estribos. Las almas son verticales y de espesor constante de 0.40 m. La losa inferior es de espesor variable de 0.60 m sobre pilas a 0.23 m en centro de vano. La anchura del voladizo de la sección transversal es de 3.50 m y es constante a lo largo de todo el tablero.

Las pilas se han diseñado con una sección transversal tipo cajón. El apoyo del tablero en la pila se realiza mediante un apoyo centrado por medio de un dintel superior. La solución encajada presenta una altura de pilas de 38, 68 y 52 m respectivamente.



Figura 13. Pilas del viaducto de RioMayor

## 2.4.2. Materiales de construcción

El hormigón utilizado para la fabricación de las dovelas, es un hormigón autocompactante de resistencia característica 40 N/mm<sup>2</sup>.

La resistencia característica estuvo condicionada por la comprobación de no agotamiento de la biela de compresión en el alma, en el cálculo del cortante.

Este hormigón, de reciente utilización en España ( últimas décadas), se caracteriza por la capacidad de fluir dentro de un encofrado, relleno de forma natural el volumen del mismo, pasando entre las barras de la armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación.

Debido a las presiones que alcanzan estos hormigones se fabricaron unos nuevos moldes que soportasen dichas presiones durante el proceso de hormigonado.



Figura 14. Moldes de fabricación de dovelas ( RioMayor)

La dosificación inicial estudiada del hormigón tipo HP-40, para las dovelas del viaducto, se modificó ligeramente añadiendo un aditivo cohesionante y aumentando los finos, para alcanzar la propiedad de autocompactable.



Figura 15. Prueba de hormigonado ( RioMayor)

### 2.4.3. Proceso constructivo

Debido a las condiciones geométricas de encaje del tablero, existen en los vanos de estribo 7 dovelas descompensadas.

Para la colocación de estas dovelas se ha utilizado una pila auxiliar, quedando así tres dovelas en voladizo antes del hormigonado de la dovela de cierre de ese vano.



Figura 16. Pila auxiliar para dovelas descompensadas ( RioMayor)

El proceso de colocación de dovelas en voladizo, se hace a partir de un pretensado provisional con barras de pretensado. El criterio a seguir para el encaje de barras y pretensado permite colocar dos dovelas en voladizo sujetas mediante barras.

Actualmente está en proceso de ejecución este viaducto.

### 3. FICHA TECNICA

#### 3.1 Nombre de la obra

- a) Autovía del Mediterráneo N-340 de Cádiz a Barcelona por Málaga. Tramo: Enlace de Abuñol – Variante de Adra. Viaducto del Alcazaba. Viaducto de Huarea.
- b) Autovía Cantabria – meseta. N-611 de Palencia a Santander P.K. 149 al 140. Tramo: Pesquera – Reinosa. Viaducto de Santiurde.
- c) Autovía del Cantábrico. Tramo: Tamón (Carreño) – tour (Luarca). Subtramo: Soto del Barco – Muros del Nalón. Viaducto de RioMayor.

#### 3.2 Propiedad

- a) Alcazaba y Huarea: Demarcación de carreteras de Andalucía Oriental
- b) Santiurde: Demarcación de carreteras del Estado en Cantabria
- c) RioMayor: Demarcación de carreteras del Estado en Asturias

#### 3.3 Director de la Obra

- a) Alcazaba y Huarea: Jesús Bobo
- b) Santiurde: Jesús Gómez de Barreda
- c) RioMayor: Ignacio García-Arango Cienfuegos-Jovellanos

#### 3.4 Autores de los proyectos modificados

Santiago Pérez-Fadón Martínez, Jose Emilio Herrero Beneitez, Carlos Bajo Pavia, Luis Martín-Tereso, Marcos Sánchez Sánchez, Alberto Bordallo, Rebeca Gómez González, ingenieros de CCP.

### **3.5 Empresa consultora**

- a) Huarea: Proyecto 120 m de luz Torroja Ingenieria S.L.; Proyecto de 115 m de luz Dirección Técnica de Ferrovial – Agromán
- b) Resto de viaductos: Dirección Técnica de Ferrovial – Agromán

### **3.6 Empresa constructora**

- a) Todos los viaductos: Ferrovial - Agromán, S.A.

### **3.7 Empresa de tesado**

- a) Todos los viaductos: Tecpresa, S.A.

### **3.8 Jefe de obra**

- a) Alcazaba y Huarea: Humberto González
- b) Santiurde: Manuel Aguirre
- c) RioMayor: Pablo Ayala Torre

### **3.9 Asistencia Técnica a la dirección de obra**

- a) Alcazaba y Huarea: Gimprosa
- b) Santiurde: Euroconsult
- c) RioMayor: Geocisa, geotecnia y cimientos S.A.

### **3.10 Principales características por calzada**

- a) Viaducto del Alcazaba:

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| Longitud de la estructura ..... | 221 m   |
| Ancho del tablero .....         | 11.50 m |

|                                          |                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Cuantía hormigón (HP-35).....            | 0.58 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Cuantía acero de armar .....             | 171 kg/m <sup>3</sup>               |
| Cuantía acero de pretensar .....         | 28 kg/m <sup>2</sup>                |
| Hormigón HA-30 en pilas .....            | 3265 m <sup>3</sup>                 |
| Cuantía de acero de armar en pilas ..... | 120 kg/m <sup>3</sup>               |

b) Viaducto de Huarea:

|                                          |                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Longitud de la estructura .....          | 301.52 m                            |
| Ancho del tablero .....                  | 11.50 m                             |
| Cuantía hormigón (HP-50) .....           | 0.75 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Cuantía acero de armar .....             | 165 kg/m <sup>3</sup>               |
| Cuantía acero de pretensar .....         | 54 kg/m <sup>2</sup>                |
| Hormigón HA-30 en pilas .....            | 1845 m <sup>3</sup>                 |
| Cuantía de acero de armar en pilas ..... | 177 kg/m <sup>3</sup>               |

c) Viaducto de Santiurde:

|                                          |                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Longitud de la estructura .....          | 450 m                               |
| Ancho del tablero .....                  | 13.05 m                             |
| Cuantía hormigón (HP-40) .....           | 0.67 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Cuantía acero de armar .....             | 184 kg/m <sup>3</sup>               |
| Cuantía acero de pretensar .....         | 38 kg/m <sup>2</sup>                |
| Hormigón HA-30 en pilas .....            | 1807 m <sup>3</sup>                 |
| Cuantía de acero de armar en pilas ..... | 170 kg/m <sup>3</sup>               |

d) Viaducto de RioMayor:

|                                          |                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Longitud de la estructura .....          | 322 m                               |
| Ancho del tablero .....                  | 13.50 m                             |
| Cuantía hormigón (HP-40) .....           | 0.67 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Cuantía acero de armar .....             | 180 kg/m <sup>3</sup>               |
| Cuantía acero de pretensar .....         | 38 kg/m <sup>2</sup>                |
| Hormigón HA-30 en pilas .....            | 1310 m <sup>3</sup>                 |
| Cuantía de acero de armar en pilas ..... | 165 kg/m <sup>3</sup>               |

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

[1] Especificaciones y directrices para el hormigón autocompactable – HAC. EFNARC. Febrero 2002.