

III CONGRESO DE ACE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

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



Realizaciones



VIADUCTO FERROVIARIO DE ALTEA (ALICANTE)

Hugo **CORRES**¹, José **ROMO**², Victor **RIOS**², Julio **SANCHEZ**²

¹ Dr. Ingeniero de Caminos. FHECOR Ingenieros Consultores, S.A.

² Ingeniero de Caminos. FHECOR Ingenieros Consultores, S.A.

RESUMEN

Se presenta en esta ponencia el Viaducto ferroviario de Altea, de 330 m de longitud, resuelto mediante una losa pretensada con aleta dorsal de luz máxima de 45 m, solución a la que se llegó en un contexto de intercambio de propuestas con el cliente final, la Dirección General de Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana.

PALABRAS CLAVE

Viaductos ferroviarios, hormigón estructural, puentes losa con aleta dorsal.

1. INTRODUCCIÓN

La estructura se ubica en la línea de ferrocarril de ancho métrico Alicante-Denia, que atraviesa el caso urbano de Altea (Alicante) paralelamente a la costa y a la carretera nacional N-332, creando en algunos puntos una barrera para el acceso de la población al mar.

Como en otras ocasiones, la indudable ventaja que para el usuario supone la ubicación de las infraestructuras ferroviarias en los cascos urbanos, se encuentra con el problema del efecto barrera que las mismas representan para la vida cotidiana de los ciudadanos, al ir desarrollándose la trama urbana de las poblaciones interconectadas.

Tal como pusieron de manifiesto numerosos estudios y proyectos surgidos de la extinta Dirección General de Actuaciones en las Grandes Ciudades del MOPTMA, la respuesta a este problema puede enfocarse hacia actuaciones tendentes a integrar la vía en su ámbito de implantación.

Dos son las alternativas técnicas que se suelen contemplar al respecto: el soterramiento y el paso elevado, de forma que se permita la continuidad del

tejido urbano sobre o bajo la infraestructura ferroviaria. La primera de ellas, de mayor complejidad técnica, requiere un gran esfuerzo inversor que, en numerosos casos, no está justificado con el problema a resolver. El paso elevado o viaducto suele ser una solución válida acorde con la importancia de la problemática a resolver, siendo una solución de gran tradición en las infraestructuras ferroviarias urbanas aunque con génesis inversa.

Dentro del Programa de Supresión y Mejora de Pasos a Nivel de la Dirección General de Transportes de la Generalitat Valenciana, el proyecto que redactaba la empresa consultora INARTEC se planteó la sustitución de un terraplén del acceso del ferrocarril a la ciudad por un viaducto, lo que permitiría suprimir dos pasos a nivel, reordenar las conexiones con la N-332 y aumentar la permeabilidad transversal de la infraestructura ferroviaria.



Figura 1. Situación previa a la actuación

FHECOR Ingenieros Consultores elaboró para INARTEC un estudio de soluciones atendiendo a los condicionantes funcionales, económicos, urbanísticos y estéticos de la actuación. De entre las soluciones propuestas la Dirección General de Transportes eligió la finalmente construida, cuyo proyecto de construcción tiene fecha de redacción septiembre de 2000, poniéndose el viaducto en servicio en el verano de 2003.

2. ESTUDIOS DE SOLUCIONES

Según las instrucciones del cliente el viaducto debía buscar la integración del mismo en la trama urbana a desarrollar en su entorno, facilitando la permeabilidad transversal entre márgenes. Esta integración debía contemplarse en distintas fases de entrada en servicio de la obra: viaducto para vía única y para vía doble.

Se estaba planteando una losa continua de unos 320 metros de longitud, con una altura de pila entre 9 y 4 metros, con luces mínimas de 30 m y un canto que permitiese una modificación de trazado compatible con las condiciones de trazado de la vía férrea y el gálibo requerido por la calle inferior.

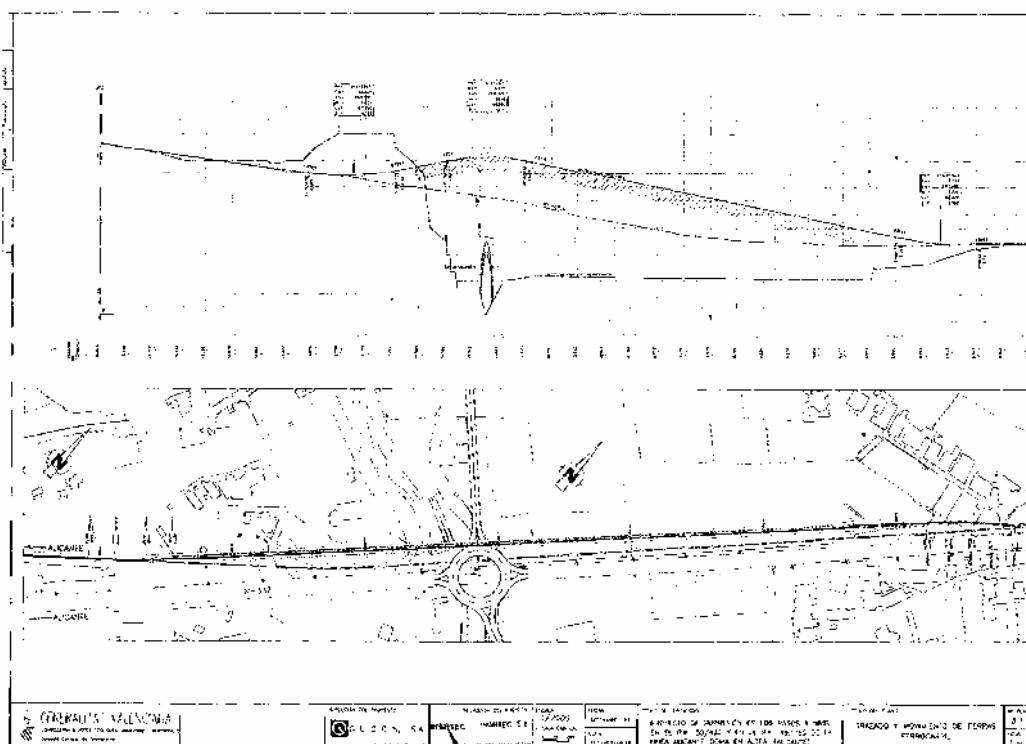


Figura 2. Condicionante de trazado geométrico

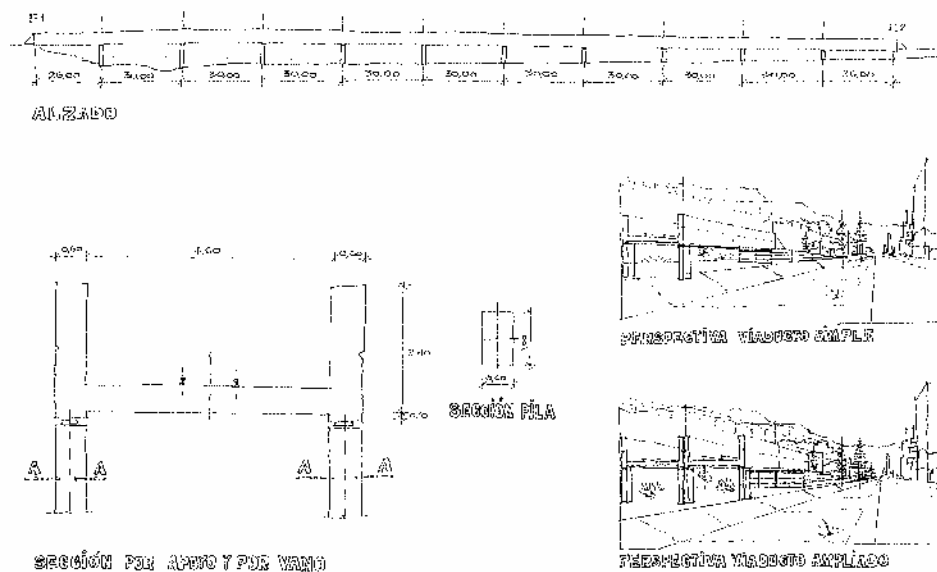
Con estas ideas rectoras se establecieron las premisas de buscar una distribución armónica de vanos (lo que incide en la disposición de apoyos y en el canto del tablero y, por tanto, en el aspecto formal de la obra) y de emplear

para el tablero el hormigón pretensado (por la funcionalidad de la estructura y su proximidad al mar).

Se plantearon así dos grupos de soluciones que, compartiendo la idea de ejecutar un viaducto único para una sola vía que el futuro se duplicaría para una segunda vía, tenían objetivos contrapuestos. En el primero se buscaba un menor canto a consta de aumentar el número de apoyos, planteándose soluciones de 30 m de luz máxima y canto constante. En el segundo se buscaba un menor número de apoyos a cambio de aumentar el canto medio, si bien eligiendo las luces y variando el canto adecuadamente se puede reducir el canto central a valores similares al grupo anterior, así establecieron soluciones de 45 m de luz máxima y canto variable.

Desde el punto de vista seccional se propusieron, finalmente, dos alternativas en cada grupo:

- 1.1. Sección artesa con dos almas laterales y una losa inferior que sirve de plataforma para apoyo de la vía. Las almas pueden ser verticales o ligeramente inclinadas, las primeras son de más fácil ejecución, mientras las segundas permiten reducir la luz transversal de la losa inferior. Las soluciones con elementos sustentantes situados por encima de la plataforma permiten gálibos inferiores mayores a consta de aumentar la relación canto/luz. En ellas las almas suponen una barrera visual y adecuada barrera antirruído. En este tipo de secciones los apoyos se sitúan en la vertical de las uniones de las almas con la losa inferior, pudiendo optarse en las pilas por fustes individuales o fuste único con dintel. Es una solución frecuentemente empleada para estructuras ferroviarias con restricciones a la reducción del gálibo inferior como puede ser el caso del Metro de París y Lyon.

SOLUCIÓN 1-1 VIADUCTO FERROVIARIO ALTEA (ALICANTE)

Figura 3. Croquis solución 1-1

- 1.2. Sección losa de canto variable sobre la que se apoya directamente la vía. Es la solución más común con una relación canto/luz menor que la anterior, si bien reduce el gálibo inferior. Por otra parte permite disminuir el número de fustes o no disponer dinteles, ya que esta función la realiza la propia losa.
- Para disminuir el efecto visual del canto de losas se puede difuminar inclinados los bordes esta formar secciones trapeziales o triangulares.

SOLUCIÓN 1-2 VIADUCTO FERROVIARIO ALTEA (ALICANTE) 1º

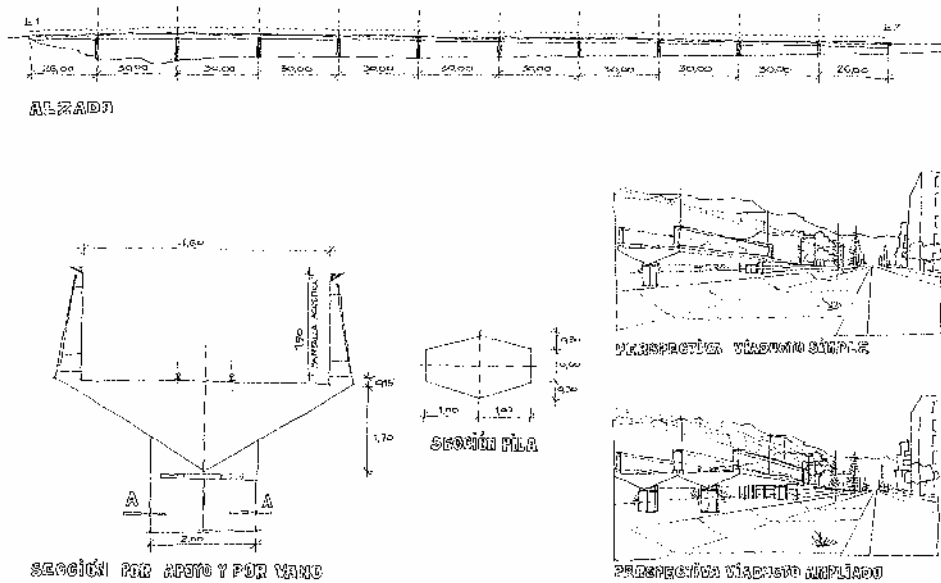
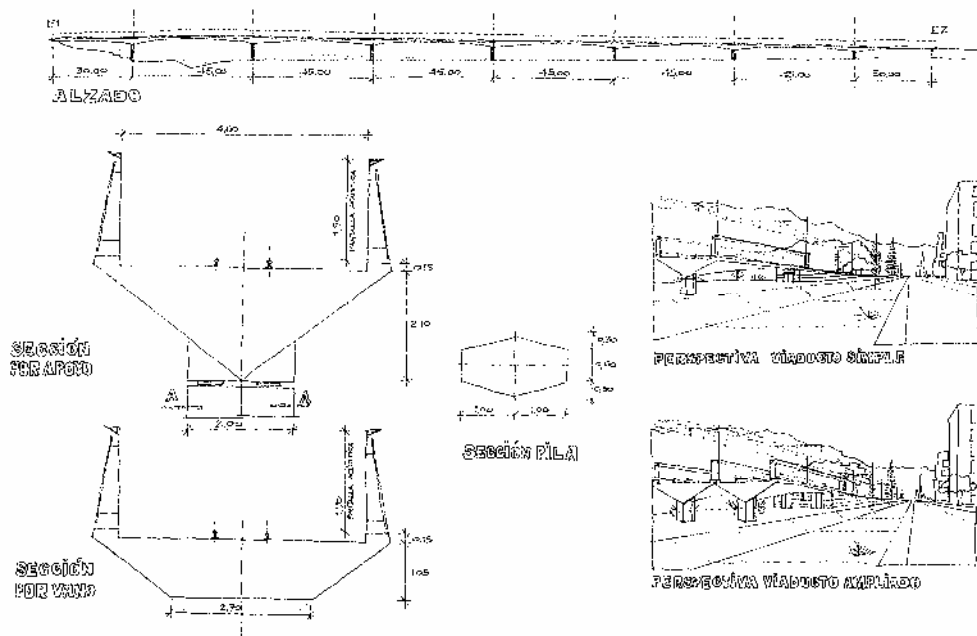


Figura 4. Croquis solución 1-2

2.1 Sección de losa de canto variable. Surge de la solución anterior al aumentar la luz para disminuir el número de apoyos y variar el canto para no reducir el gálibo inferior de forma generalizada, disponiendo un canto mínimo en el centro similar al anterior.

SOLUCIÓN 2-1 VIADUCTO FERROCARRIL ALTEA (ALICANTE)-

Figura 5. Croquis solución 2-1

2.2 Sección de viga de canto variable. Se trata de una solución que pretende conjugar las necesidades funcionales con el óptimo estructural y el aspecto formal buscando optimizar la distribución de material. Desde un punto de vista funcional un viaducto ferroviario precisa de un espacio mínimo para ubicar la vía. Para conformar este espacio mínimo se puede disponer una viga o nervio resistente de canto variable al que se puede adosar dos voladizos laterales que conforman un espacio adicional necesario para una correcta explotación ferroviaria. La disposición de estos voladizos se puede variar de forma armónica en el alzado para buscar las zonas de máxima compresión donde se precisa de más sección de hormigón. Esta solución la habíamos propuesto para una línea del Metro de Madrid.

SOLUCIÓN 2-2 VIADUCTO FERROCARRIL-ALTEA (ALICANTE)

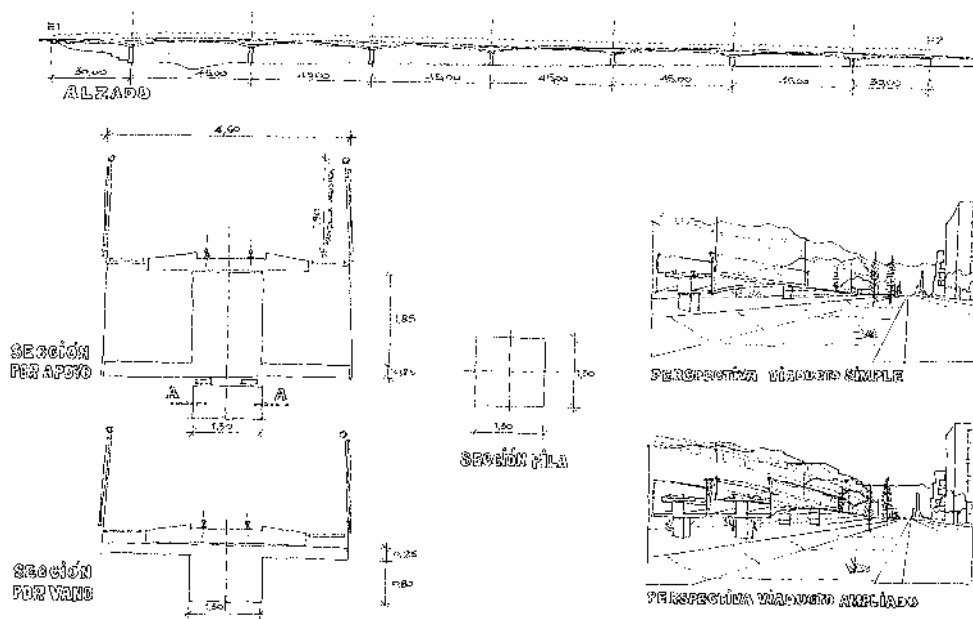


Figura 6. Croquis solución 2-2

Tras presentar las soluciones a la Dirección General de Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana, se modificaron las ideas rectoras al solicitar que se estudiaran viaductos para vía doble y dando prioridad a la disposición del menor número de pilas compatible con la solución de puente losa.

De esta forma surgió la idea de proponer las soluciones de viaductos con almas sobre rasante y de canto variable (aletas), bien disponiendo dos en los bordes del tablero bien disponiendo una única aleta central.

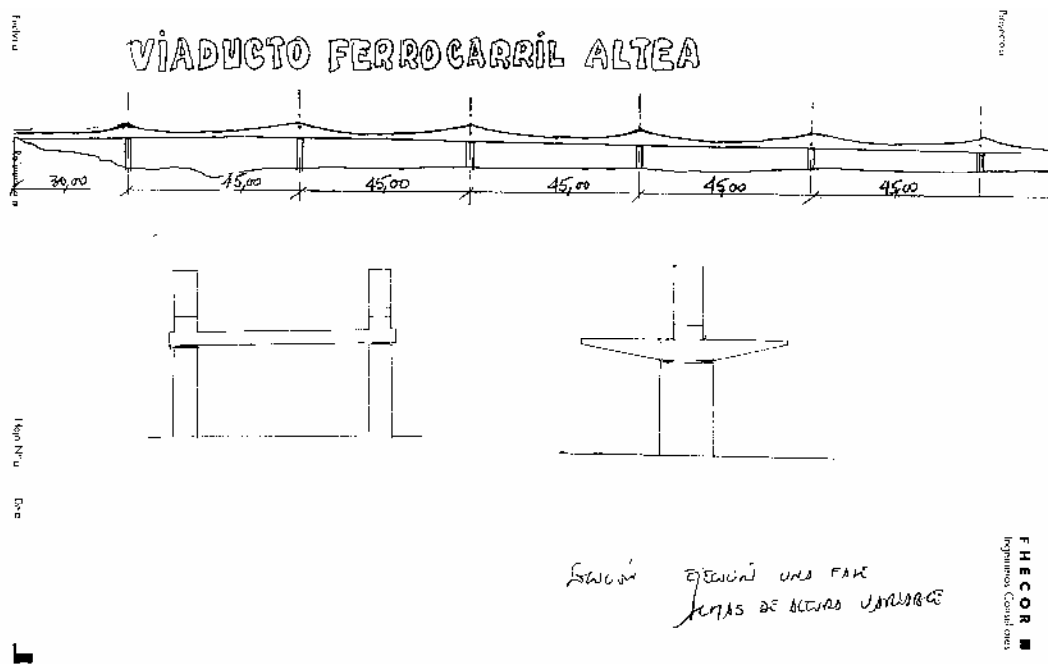


Figura 7. Croquis solución elegida

Finalmente fue elegida la solución de aleta central que se desarrolló al nivel de proyecto de construcción.

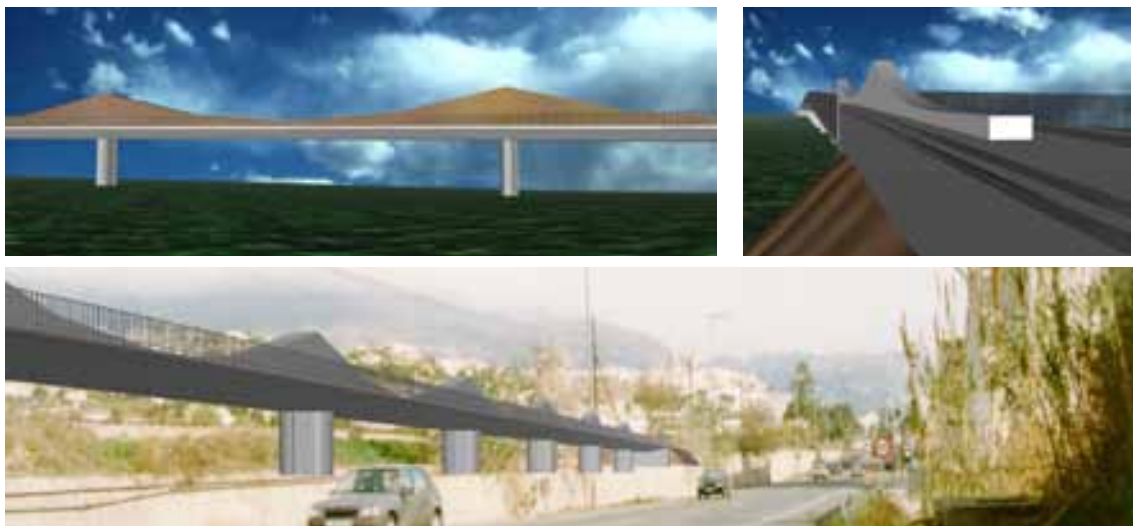


Figura 8. Maqueta virtual de la solución elegida

3. SOLUCIÓN PROYECTADA

El viaducto ferroviario de Altea se proyectó y construyó con un tablero nervado, que presenta la particularidad de poseer de una “aleta dorsal” central que da canto resistente a la estructura por encima de la rasante.

3.1. Tablero

Tablero nervado está formado por una viga continua de 330m de longitud y ochos vanos de 30 + 6x45 + 30 metros de luz, se resolvió en hormigón pretensado HP-35.

Sección transversal en forma de artesa trapezoidal, con una base superior de 10,60 metros de anchura, permite alojar dos vías, una a cada lado del nervio central, de ancho métrico y raíles embebidos, de las en la primera fase sólo se ha puesto en servicio la vía del lado mar.

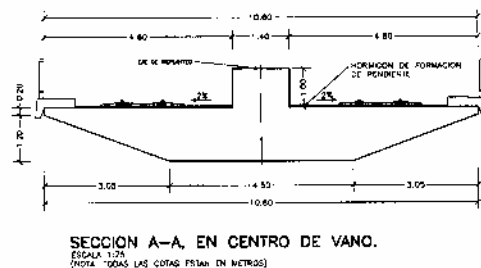
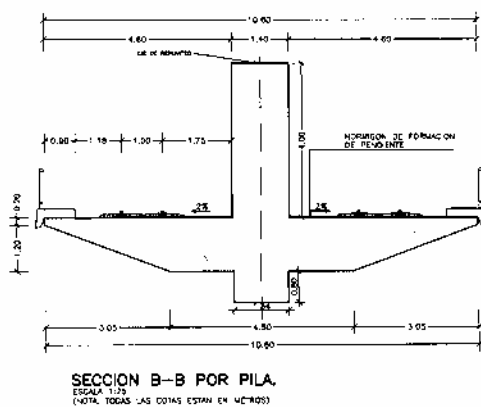


Figura 9. Sección transversal del tablero

La artesa tiene base inferior de de 4,50 metros ancho y canto constante bajo rasante de 1,40 metros. El nervio central de tablero tiene una anchura de 1,40 metros y presenta su altura sobre rasante máxima de 4,0 metros sobre las pilas, variando según una ley parabólica hasta altura de 1,0 metro en 22,50 metros a cada lado de las pilas.

La particular sección transversal del viaducto supuso un ejercicio geométrico para el encaje del trazado de los cables de pretensado.

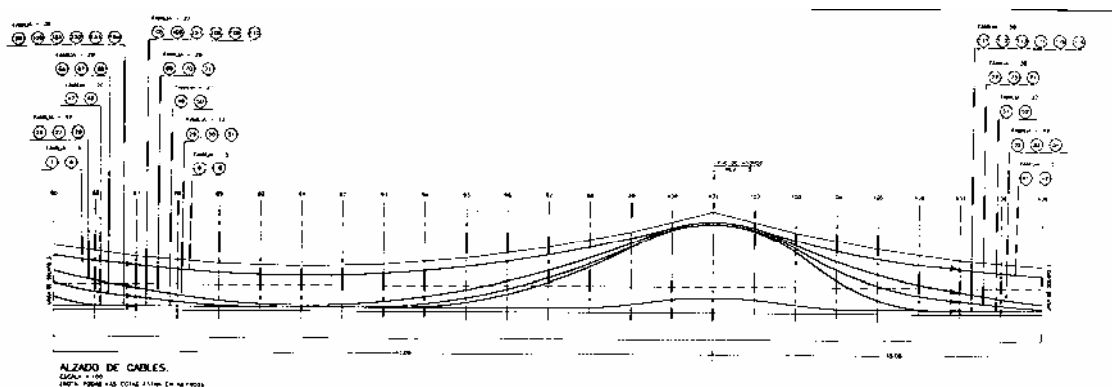


Figura 10. Sección longitudinal del pretensado de una fase

3.2. Pilas

Las pilas, de hormigón armado (HA-30), presentan forma troncopiramidal con tajamares troncocónicos, con dimensiones mínimas en la cabeza son de 4,50 m de ancho por 1,50 metros de largo y variación en altura 1H:40V. Las pilas presentan un rehundido central en alzado de 1,40 metros de ancho, coincidente con la vertical del nervio, donde se realiza un cajeadado en la parte superior que permite alojar un tetón de tablero que conecta transversalmente la superestructura con la subestructura. La altura de pilas varía entre los 10,0 y los 5,0 metros.

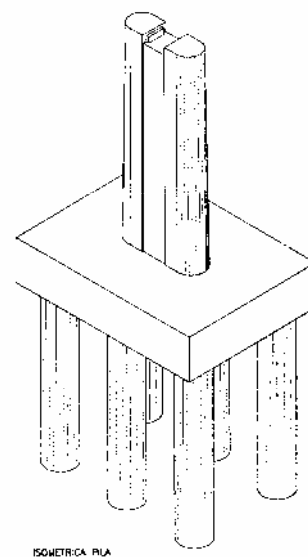


Figura 11. Perspectiva de Pila

La cimentación de las pilas es profunda mediante encepados, de hormigón armado HA-25, con seis pilotes de 1,50 metros de diámetro, que se empotran en el sustrato de margas calcáreas.

3.3. Estribos

El estribo del lado Alicante es del tipo cerrado con aletas en vuelta, con una altura sobre cimentación de 2,60 metros. La cimentación es directa sobre zapata apoyada sobre un sustrato de arcillas con nódulos y costrificaciones calcáreas para el que se admite una tensión de contacto de 2 kg/cm².

El estribo de lado Valencia es del tipo abierto sobre dos pilotes. Estos pilotes son también de 1,50 m de diámetro y se empotran en el sustrato margo calcáreo, siendo recogidos en cabeza por un dintel sobre el que se apoya el tablero.

En los trasdoses de ambos estribos se disponen sendas cuñas de transición formadas por material granular y material granular tratado con cemento. El derrame del cono de la cuña en el estribo 2 se protege con un encachado de piedra caliza.

4. PROCESO CONSTRUCTIVO

El tablero se ejecutó sobre cimbra cuajada vano a vano con cortes a quintos de la luz. Dentro de cada fase, tras el encofrado y ferrallado, se procedía al hormigonado de la artesa inferior para posteriormente apoyar sobre ella el encofrado de la aleta que se hormigonaba como un muro convencional. Cada fase finalizaba con el tesado de los cables de pretensado.



Figura 12. Proceso Constructivo

Tras la ejecución de la estructura, previamente a la colocación de la vía, se procedió a la ejecución de la prueba de carga estática y dinámica materializando la carga con camiones.



Figura 13. Prueba de carga

5. CONCLUSIÓN

La solución del viaducto ferroviario de Altea surgió en un contexto de intercambio de propuestas con el cliente final y en un período en el que los proyectistas acaban de construir la pasarela de Balaguer y el puente colgante de Elche que sin duda influyeron en la propuesta final dando lugar a un viaducto poco frecuente. Tiempo después, leyendo el magnífico libro de Leonardo Fernández Troyano, “Tierra sobre el agua”, nos encontramos con el viaducto ferroviario de Núremberg de luces máxima de 40 m en cantilever construido ya en 1969 bajo la dirección de Finsterwalder y recordamos la reflexión del profesor Manterota a cerca de que en la actualidad “ se están utilizando (casi) exclusivamente las tipologías que ya existían hace más de treinta años” .