

ANEJO Nº 13. ESTRUCTURAS

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. RELACIÓN DE ESTRUCTURAS.....	2
3. CRITERIOS DE DISEÑO.....	3
3.1 SECCIONES TIPO.....	3
3.2 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS.....	5
3.3 GÁLIBOS.....	5
3.4 CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.....	6
3.5 SISMICIDAD.....	6
4. SOLUCIONES PROPUESTAS.....	6
4.1 PASO SOBRE EL FERROCARRIL P.I. 1.5.....	7
4.2 PASO SUPERIOR ENLACE MALPARTIDA ESTE P.S. 3.7.....	7
4.3 PASOS SUPERIORES PARA REPOSICIÓN DE CAMINOS.....	8
4.4 PASOS SUPERIORES EN GLORIETA PP.SS. 9.7 Y 9.8.....	10

1. OBJETO

El objeto de este Anejo es la definición y descripción de las estructurales propuestas para el Proyecto de Trazado y Construcción de la Variante de Malpartida de Cáceres, garantizando la seguridad y permeabilidad de la vía.

Todas las estructuras del Proyecto resultan necesarias para resolver pasos a distinto nivel sobre otras calzadas o sobre el ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara.

En resumen las estructuras necesarias son las siguientes.

- Paso Inferior P.I. 1.5. Pérgola sobre el F.C. Cáceres a Valencia de Alcántara.
- Paso Superior P.S. 3.7. Enlace de Malpartida Este.
- Paso Superior P.S. 6.4. Reposición de Camino
- Paso Superior P.S. 7.4. Reposición de Camino
- Paso Superior P.S. 8.3. Reposición de Camino
- Paso Superior P.S. 8.6. Reposición de Camino
- Paso Superior P.S. 8.9. Reposición de Camino (Paso de Fauna)
- Paso Superior P.S. 9.7. Enlace de Maplartida Oeste. Glorieta.
- Paso Superior P.S. 9.8. Enlace de Maplartida Oeste. Glorieta.

El proyecto prevé en un futuro el desdoblamiento de la carretera en autovía. Es por ello que se han proyectado las estructuras de manera que en el futuro sea posible disponer las calzadas de la autovía en el vano de cada una de las estructuras, cumpliendo además los requisitos de visibilidad en cada una de ellas. De este modo, en la fase futura no será necesario realizar labores de ampliación sobre ninguna de las estructuras proyectadas.

En el apartado nº 2 de este Anejo se resumen en forma de tabla las tipologías estructurales propuestas y las características geométricas principales de cada estructura. En el apartado nº 3 se indican los criterios de diseño que se han considerado y, por último, en el nº 4 se hace una descripción más detallada de las estructuras planteadas.

2. RELACIÓN DE ESTRUCTURAS

A continuación se resumen en forma de tabla, las estructuras propuestas con su situación, su tipología y sus características geométricas principales:

ESTRUCTURA	SITUACIÓN	TIPOLOGÍA TABLERO	ESPESOR (m)	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)	SUPERFICIE (m ²)
P.I. 1.5	Paso sobre F.C. Cáceres a Valencia de Alcántara	PÉRGOLA (Vigas doble T)	H = 0.60 m	3 x 18.00	11.40/11.90/11.90	633.60
P.S. 3.7	Enlace Malpartida Este	2 Vigas Artesa	H = 1.90 m	42.00	11.40	478.80
P.S. 6.4	Reposición de Camino	Viga Cajón	H = 1.60 m	36.00	8.40	302.40
P.S. 7.4	Reposición de Camino	Viga Cajón	H = 1.60 m	36.00	8.40	302.40
P.S. 8.3	Reposición de Camino	Viga Cajón	H = 1.90 m	39.00	8.40	327.60
P.S. 8.6	Reposición de Camino	Viga Cajón	H = 1.60 m	36.00	8.40	302.40
P.S. 8.9	Reposición de Camino (Paso de Fauna)	Viga Cajón	H = 1.60 m	36.00	8.40	302.40
P.S. 9.7	Glorieta enlace Malpartida Oeste	LOSA POSTESADA	H = 1.15 m	2 x 24.00	8.20	393.60
P.S. 9.8	Glorieta enlace Malpartida Oeste	LOSA POSTESADA	H = 1.15 m	2 x 24.00	8.20	393.60

3. CRITERIOS DE DISEÑO

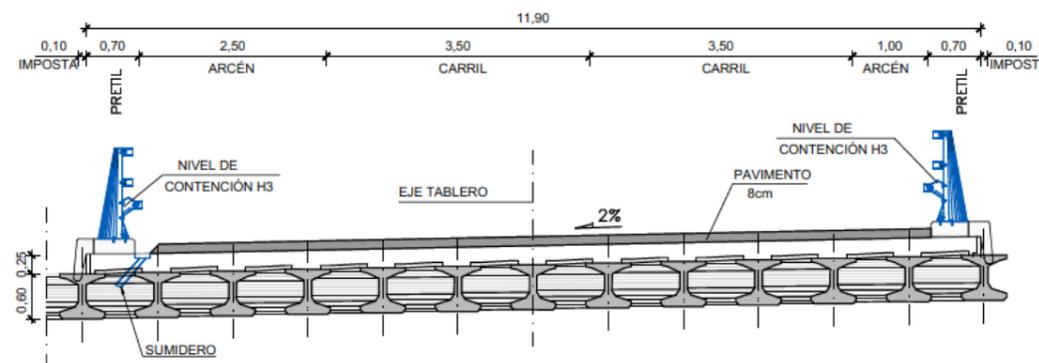
3.1 SECCIONES TIPO

La anchura de las secciones tipo consideradas para los tableros de las estructuras, corresponden a la distancia existente entre las líneas exteriores del arcén, más los espacios necesarios para la colocación de los pretiles de contención.

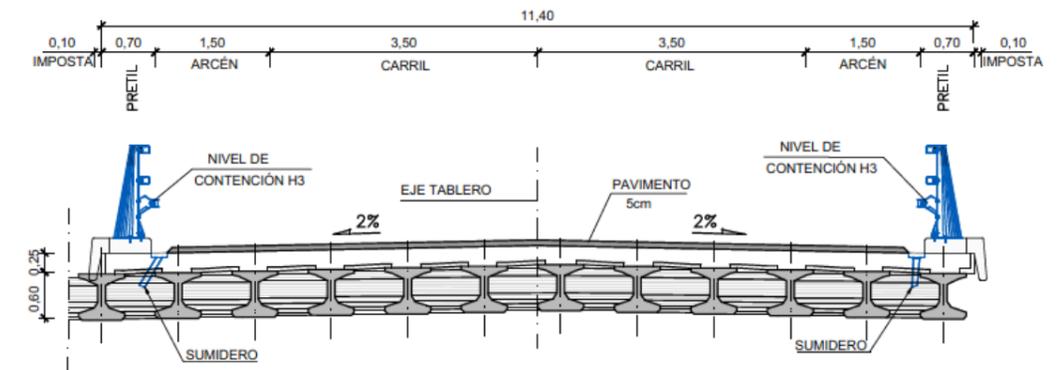
A continuación se muestran las distintas secciones tipo que se han considerado para los tableros de las estructuras. Estas son función de la tipología estructural, de la anchura de la calzada y de la luz del vano que deben salvar.

P.I. 1.5 (PÉRGOLA):

En la estructura P.I. 1.5, que corresponde al paso sobre el ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara, se han planteado dos secciones tipo de igual tipología, pero de diferente ancho; uno para las calzadas del tronco de la autovía de 11,90 m de ancho y otro, de 11,40 m. de ancho para la vía de servicio.



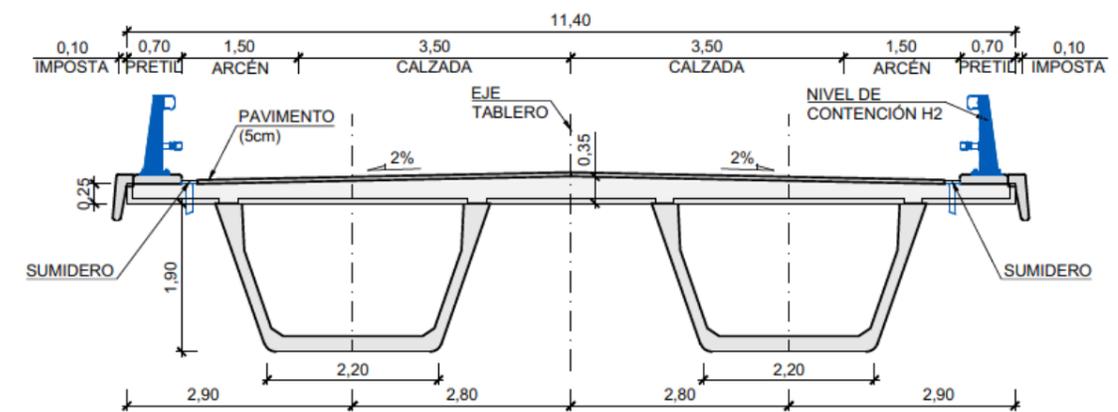
SECCIÓN TIPO DE VIADUCTO DE TRONCO



SECCIÓN TIPO DE VÍA DE SERVICIO

P.S. 3.7

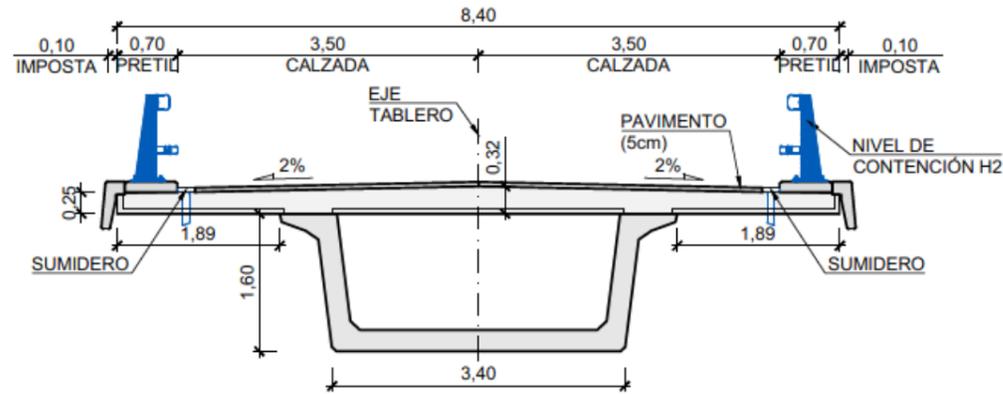
La estructura correspondiente al P.S. 3.7, tiene una anchura de 11,40 metros y salva una luz de 41 m, disponiendo dos vigas artesa de 1,90 m de canto.



SECCIÓN TIPO PASO SUPERIOR ENLACE

P.S. 6.4 / P.S. 7.4 / P.S. 8.6

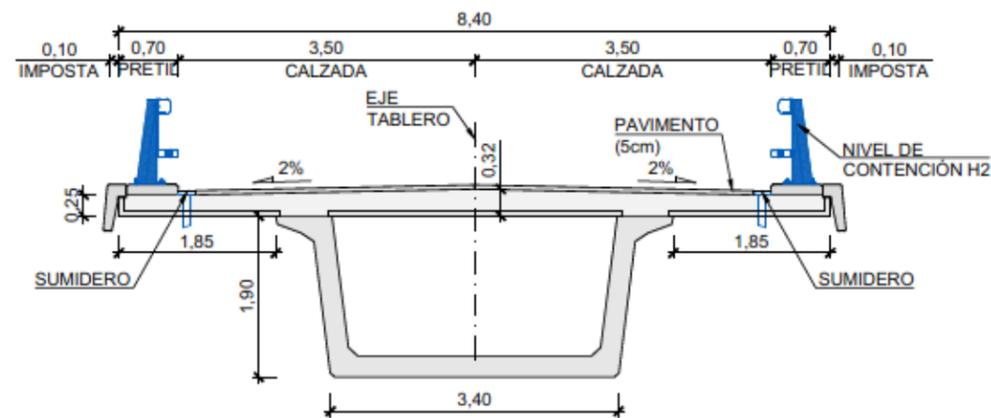
Estas estructuras tienen una anchura de 8,40 m. y salvan una luz de 35 m, por lo que propone una viga cajón de 1,60 m de canto sobre la que se coloca la losa de compresión con un espesor mínimo de 0,25 m.



SECCIÓN TIPO PASO SUPERIOR REPOSICIÓN CAMINO (L=35 m)

P.S. 8.3

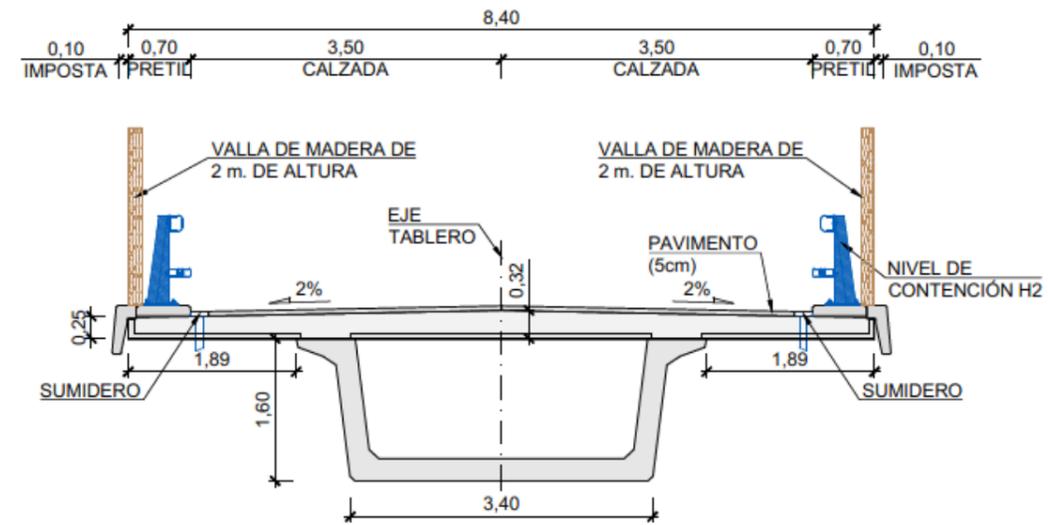
Estas estructuras tienen la misma anchura que las anteriores, pero en este caso deben salvar una luz de 38,0 m, por lo que se propone una sección tipo similar, pero aumentando el canto de la viga cajón a 1,90 m.



SECCIÓN TIPO PASO SUPERIOR REPOSICIÓN CAMINO (L=38 m)

P.S. 8.9

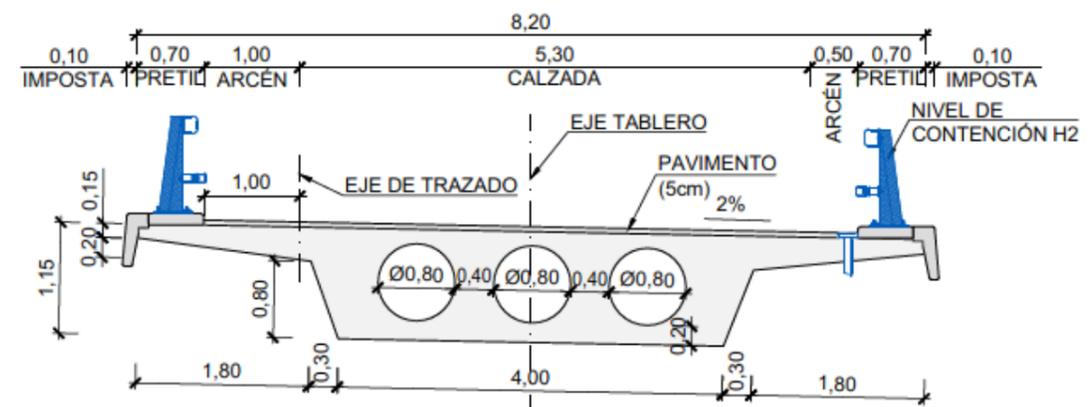
La estructura correspondiente a esta reposición de camino es idéntica a las anteriores en cuanto tipología estructural. En este caso la luz es de 35 m y la anchura 8.40 m. La única diferencia es que en este caso está prevista la adecuación del tablero para paso de fauna, añadiendo dos vallas de madera de 2,0 m. de altura en los bordes.



SECCIÓN TIPO P.S. REPOSICIÓN CAMINO (L=35 m) CON PASO DE FAUNA

P.S. 9.7 / P.S. 9.8

Estas dos estructuras están situadas en la glorieta del enlace de Malpartida este, tienen una anchura de 8.20 m y son losas Postesadas de 1,15 m de canto.

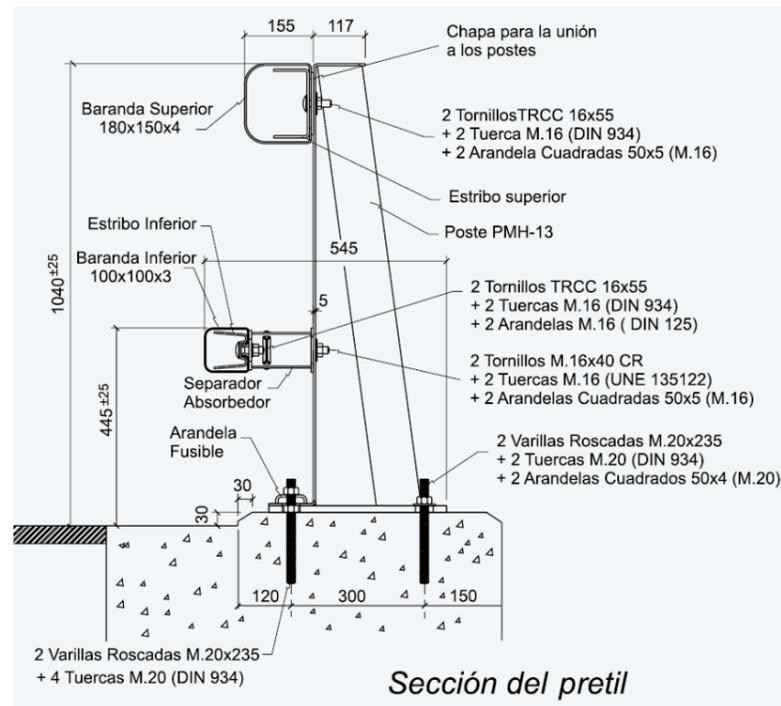


SECCIÓN TIPO PASO SUPERIOR GLORIETA (LOSA POSTESADA)

3.2 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

Se ha considerado la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de pretilles metálicas en puentes de carretera, y de acuerdo con ella, se adoptan para cada estructura los pretilles metálicos que se indican a continuación.

NIVEL DE CONTENCIÓN H2

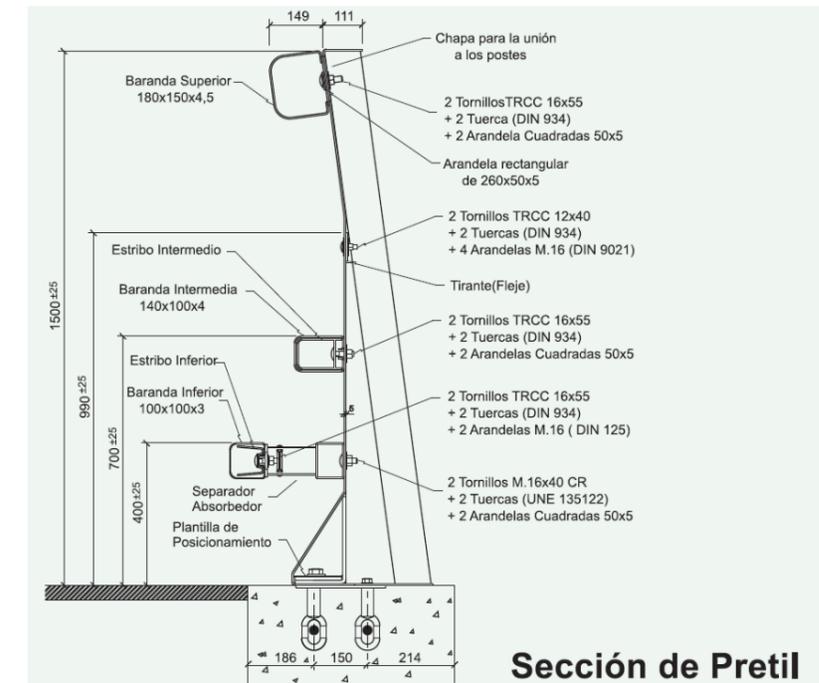


En todos los pasos superiores del proyecto se ha dispuesto un Nivel de Contención H2, debido a la existencia de riesgo de **accidente grave**, según el esquema adjunto..

La disposición del pretil metálico “**PMH-13, con nivel de contención H-2**”, requiere un sobrancho en el tablero de 0.70 metros en cada lado del tablero.

El paso sobre el ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara se diseña con un nivel de contención H3 debido a la existencia de riesgo de accidente muy grave, según el esquema adjunto.

NIVEL DE CONTENCIÓN H3



El paso sobre el ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara se diseña con un nivel de contención H3 debido a la existencia de riesgo de **accidente muy grave**, según el esquema adjunto.

De forma análoga al caso anterior, la disposición del pretil metálico “**PMH-16, con nivel de contención H-3**”, requiere un sobrancho en el tablero de 0,70 metros a cada lado del tablero.

3.3 GÁLIBOS

Los pasos superiores se proyectan con un gálibo vertical mínimo al tronco de la autovía de 5.30 metros.

Para el caso del paso P. I. 1.5, sobre el Ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara, se considera necesario mantener como mínimo el mismo gálibo vertical y horizontal que existe actualmente para la línea de ferrocarril.

Según carta remitida por ADIF, en fecha 6 de Noviembre de 2014, estos gálibos son los siguientes:

- Vertical: 5.73 m
- Horizontal: 11.0 m.

3.4 CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

En general, se han seguido los siguientes criterios para el diseño de las cimentaciones de las estructuras:

Todas las estructuras de este proyecto están cimentadas con cimentación directa, es decir mediante zapatas.

Las pilas y estribos apoyadas sobre terreno natural se cimentarán en general con un recubrimiento mínimo de tierras sobre las zapatas de 0.50 m. En estas condiciones se adopta una tensión admisible mínima de 0.25 MPa (2,50 Kg/cm²).

En los estribos tipo durmiente, apoyados sobre terreno compactado de terraplén o sobre relleno de muros de suelo reforzado, se ha considerado una tensión admisible de 0.20 MPa (2.0 Kg/cm²). En estos casos la distancia entre el eje de apoyos y el exterior del paramento del muro de suelo reforzado será como mínimo de 1,00 m, dejando al menos 10 cm entre la parte delantera del durmiente y la cara interior del paramento del muro.

En ningún caso resulta necesario el empleo de cemento sulforresistente.

3.5 SISMICIDAD

Según el Mapa de Peligrosidad Sísmica (Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)) la región afectada por el Proyecto se sitúa dentro de la zona con aceleración sísmica básica (valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un período de retorno de quinientos años) de $a_b < 0.04 g$, siendo g el valor de la aceleración de la gravedad.

A partir de este valor se obtiene la aceleración sísmica de cálculo;

$$a_c = S \rho a_b$$

Siendo;

S: Coeficiente de amplificación del terreno a definir en función del tipo de terreno.

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, obtenido como producto de dos factores $\rho = \gamma_I \gamma_{II}$.

γ_I : Factor de importancia, función de la importancia del puente. En el caso presente, los pasos superiores tienen una importancia normal, por lo que se toma un valor de 1.0.

γ_{II} : Factor modificador para considerar un periodo de retorno diferente de 500 años. En nuestro caso se toma para este coeficiente un valor igual a 1.0.

Según el artículo 2.8 de la citada norma, no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración básica o de cálculo sea menor de 0.04 g. Por tanto en este proyecto no es necesario incluir el cálculo sísmico de las estructuras

4. SOLUCIONES PROPUESTAS

Por lo general, cuando se aborda una propuesta para encajar varias estructuras de un proyecto, siempre se plantea la elección de una única tipología para todas las estructuras o disponer diferentes tipologías para las distintas estructuras. Por un lado, la particularidad de la morfología del terreno en la zona a salvar difiere de unas estructuras a otras, y por otra parte, siempre subyace la idea de que la mejor solución siempre es la que más se adapte a todos los casos presentados. No cabe duda, que una solución global de tipologías de cara a economizar la ejecución es preferible por el contratista, a la vez que permite dotar de una mayor homogeneidad al conjunto del proyecto. Sin embargo, esto lleva a forzar soluciones cuya componente meramente estructural no es la más idónea desde un punto de vista técnico.

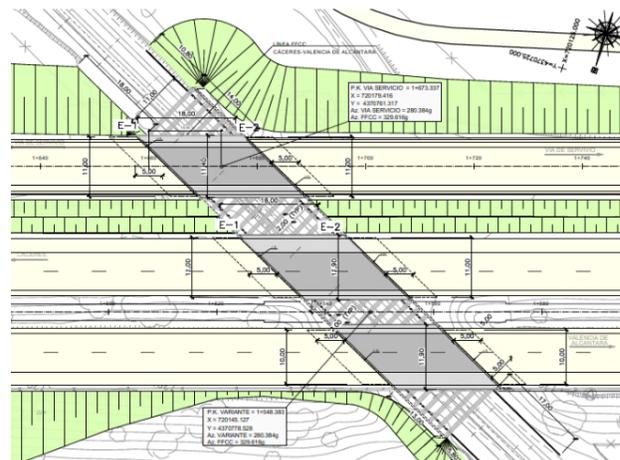
En este caso la homogeneidad de las estructuras en cuanto a geometría y morfología del terreno, ha hecho posible agrupar por tipologías todas las estructuras. Así, se han propuesto vigas cajón para las reposiciones de caminos de 8,40 m de ancho; vigas artesa

para el paso superior del enlace de Malpartida Este, con 11,40 m de anchura; losas postesadas, ejecutadas in situ para los pasos superiores en curva de la glorieta del enlace de Malpartida Oeste y por último una pérgola con vigas doble T para el paso sobre el ferrocarril de Cáceres a Valencia de Alcántara.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las estructuras propuestas.

4.1 PASO SOBRE EL FERROCARRIL P.I. 1.5

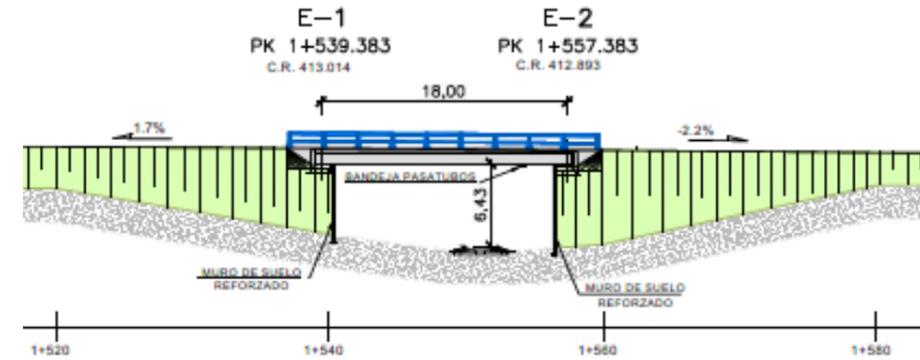
Esta estructura es la denominada Paso Inferior P.I. 1.5 y teniendo en cuenta el esviate existente entre los ejes de la carretera y del ferrocarril, se ha optado por disponer una pérgola común para los tres tableros: los dos del tronco de 11,90 m de anchura y el de la vía de servicio de 11,40 m de anchura.



PLANTA

Los apoyos de las vigas se realizan mediante cargaderos sobre muros de suelo reforzado laterales, que aunque producen cierto efecto túnel, no es inconveniente en este caso, debido a que la circulación que pasa por debajo del puente es ferroviaria y no de carretera.

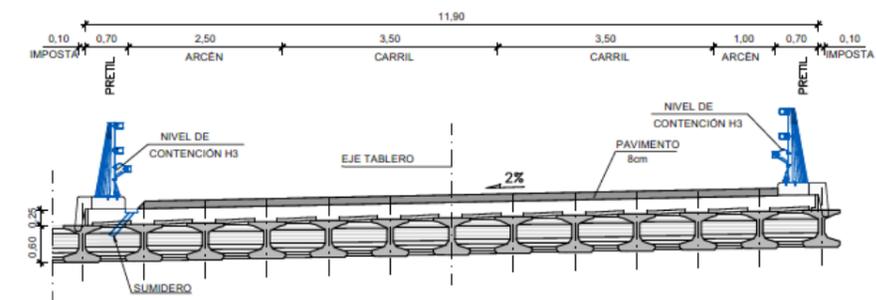
El gálibo horizontal es de 11.0 m, el mismo que el que existe actualmente para la línea de ferrocarril. El gálibo vertical que se deja es superior a los 5.73 m de gálibo vertical existente.



ALZADO

En este caso, al tener una configuración tipo pérgola, las vigas están dispuestas perpendiculares a los muros de suelo reforzado con una luz de 18.00 m.

El soporte principal de la pérgola está formado por vigas doble T de 0.60 m de canto y separación transversal de 2.0 m. En la zona de las calzadas se complementa con una losa de compresión de hormigón armado de 0.25 m de espesor.

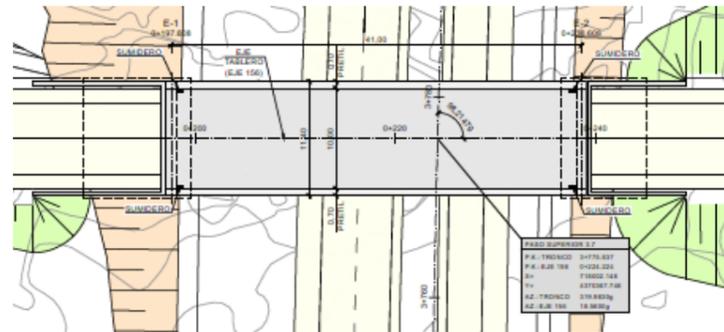


SECCIÓN TRANSVERSAL TRONCO

4.2 PASO SUPERIOR ENLACE MALPARTIDA ESTE P.S. 3.7

La estructura correspondiente al paso superior del enlace de Malpartida Este, corresponde al P.S. 3.7.

En este caso la estructura tiene una anchura de 11,40 m, para albergar dos arcenes de 1,50 m de anchura, más dos carriles de 3,50 m de anchura cada uno de ellos, además de los correspondientes pretiles para la barrera de contención.

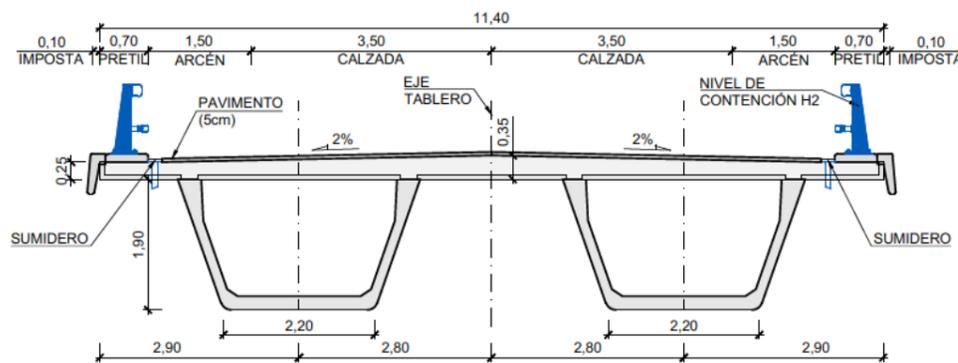


PLANTA

Las distancias mínimas requeridas desde la línea blanca, que separa el carril del arcén, hasta la cara externa del estribo son en este caso de 5,80 m a la izquierda y de 7,60m a la derecha.

Teniendo en cuenta las distancias anteriores y la distribución de calzadas en la fase coprespondiente a la futura autovía, la estructura debe salvar una luz de 41,0 metros.

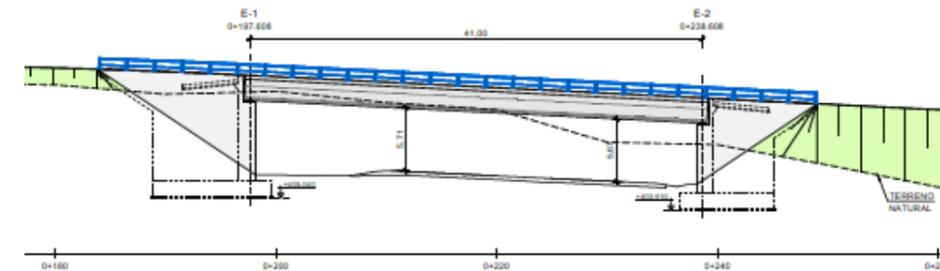
Además, debido a los requisitos que impone el estudio de visibilidad, no resulta posible disponer una pila central que permita disponer dos vanos en la estructura, en lugar de uno solo. Por este motivo se han dispuesto dos vigas artesa de 1,90 m de canto, separadas entre sí 5,60 m entre ejes



SECCIÓN TRANSVERSAL

La estructura se complementa con la losa de compresión de 0,25 m de espesor mínimo, ya que la sección transversal dispone de un bombeo lateral del 2%. La losa se ejecuta in situ sobre prelasas prefabricadas de hormigón armado colocadas previamente sobre las vigas, como encofrado predido.

Los estribos son cerrados con aletas en vuelta para contener el relleno correspondiente al terraplén, losa de transición y cimentados mediante zapatas apoyadas directamente en el terreno.



ALZADO

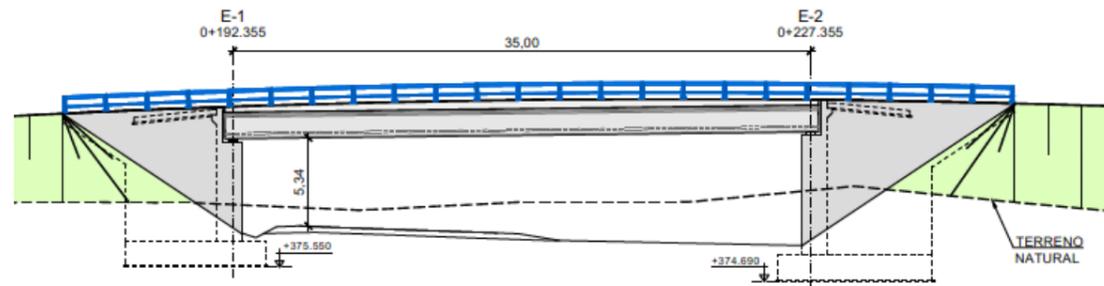
4.3 PASOS SUPERIORES PARA REPOSICIÓN DE CAMINOS

Debido a los condicionantes impuestos por los criterios de visibilidad del trazado en segunda fase, es decir, la que corresponde a la conversión en autovía mediante la duplicación de calzada, se proyectan todas las estructuras de los pasos superiores sin pilas intermedias, que dificultarían dicha visibilidad.

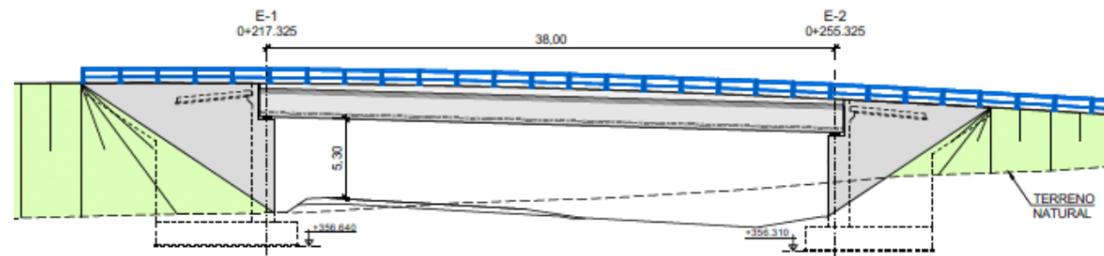
De este modo todas estas estructuras se ejecutan en primera fase ya ampliadas, con la luz necesaria para poder alojar la calzada actual más la futura, así como otras necesidades de espacio como bermas, cunetas, barreras de seguridad, etc.

Las distancias mínimas requeridas desde la línea blanca, que separa el carril del arcén, hasta la cara externa del estribo en cada una de las estructuras correspondientes a los pasos superiores, medidas en metros, debidas tanto a requisitos de visibilidad, como a otros condicionantes, son las siguientes:

P.S.	IZQUIERDA	DERECHA	LUZ
6.4	5.80	5.80	35.00
7.4	3.80	7.80	35.00
8.3	8.80	5.80	38.00
8.6	5.80	5.80	35.00
8.9	5.80	3.80	35.00



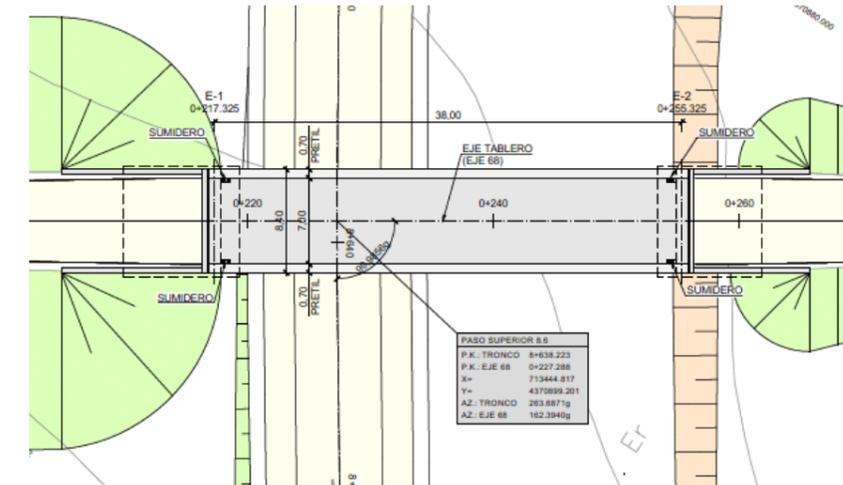
ALZADO TÍPICO PARA L = 35 m



ALZADO TÍPICO PARA L = 38 m

En todos los casos el cruce se produce de forma prácticamente ortogonal al trazado de la variante.

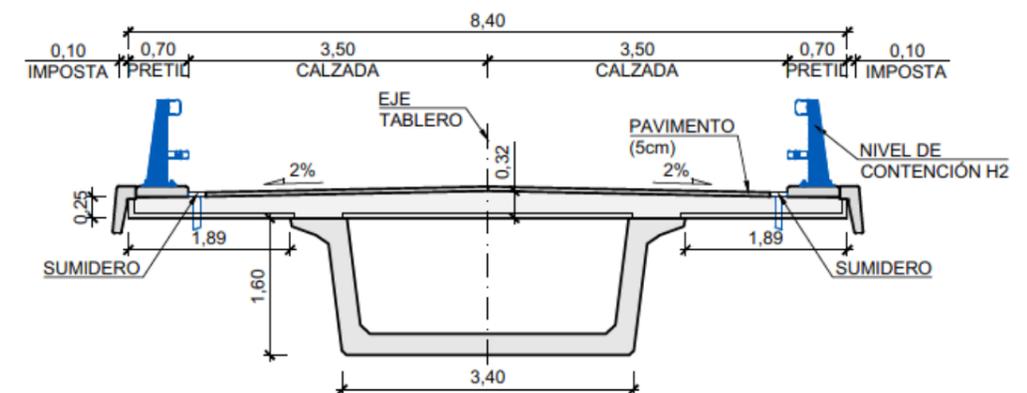
La solución propuesta para las reposiciones de caminos consiste en estructuras formadas por una única viga tipo cajón apoyada en sendos estribos cerrados con aletas en vuelta, que contienen las tierras del terraplén de acceso y losa de transición.



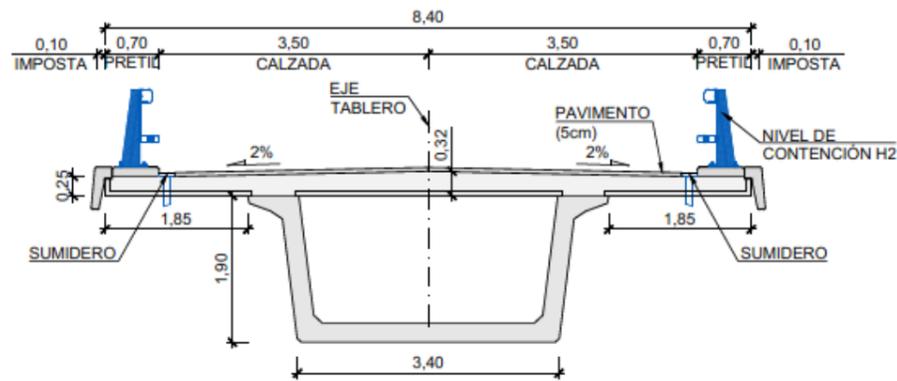
PLANTA TÍPICA EN REPOSICIONES DE CAMINO

Los pasos superiores para reposiciones de caminos se han dividido en dos grupos; el primero para salvar una luz de 35,0 metros, con una viga cajón de 1,60 m de canto y el segundo para luces de 38,0 m con una viga cajón de 1,90 metros de canto.

En todos los casos la anchura del tablero de la estructura es de 8,40 m y alberga dos carriles de circulación de 3,50 m de anchura, sin arcenes y 0,70 m adicionales a cada lado para la colocación del pretil de contención.



SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA PARA L = 35 m



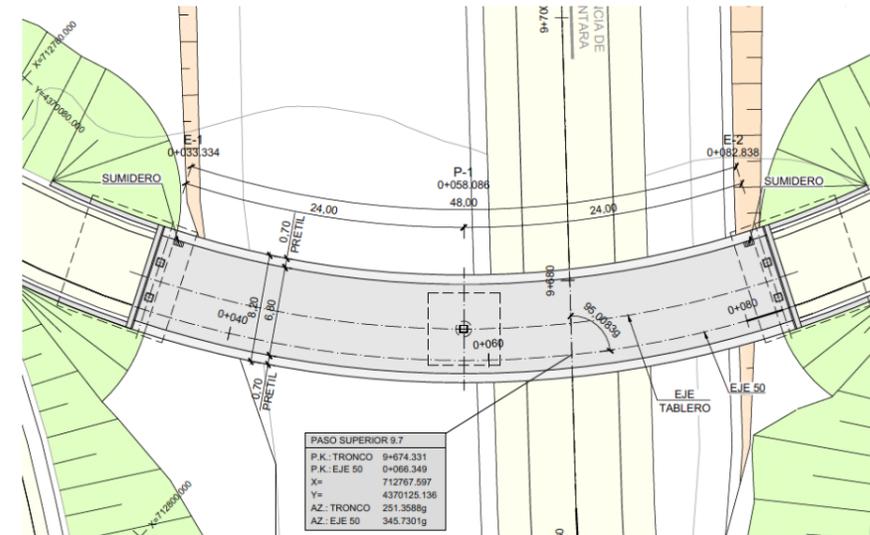
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA PARA L = 38 m

Además la estructura correspondiente al paso superior P.S. 8.9 está preparado para facilitar el paso de fauna. Para ellos se dispones en los bordes del tablero dos vallas de madera de 2,0 metros de altura.

En todos los casos los estribos están cimentados mediante zapatas apoyadas directamente sobre el terreno.

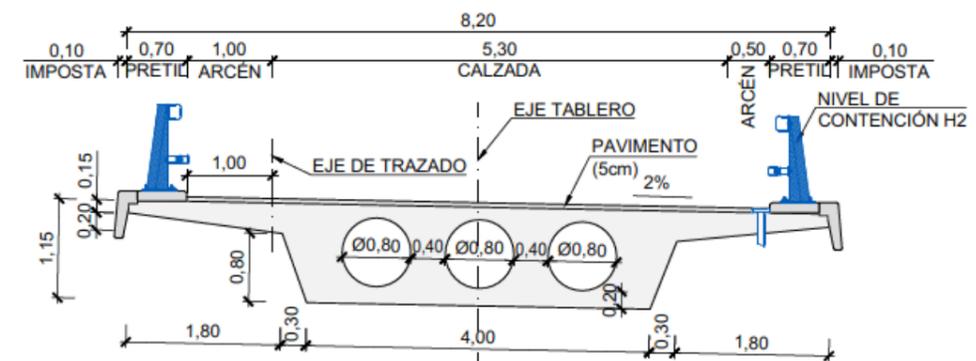
4.4 PASOS SUPERIORES EN GLORIETA PP.SS. 9.7 Y 9.8

Las estructuras que conforman la glorieta situada en el P.K. 9+750 aproximadamente son dos losas postesadas iguales, ejecutadas in situ debido a que están situadas en plante sobre una curva circular de radio pequeño.



PLANTA

La sección de la losa tiene un canto de 1,15 metros y va aligerada en la zona de vano, con tres aligeramientos circulares de 0,80 m de diámetro, separados entre sí 1,20 m entre ejes. Sobre los apoyos se eliminan los aligeramientos indicados, en una longitud aproximada de 1,00 m. a cada lado del eje de apoyos. Además la sección tiene dos voladizos laterales de 1,80 m.

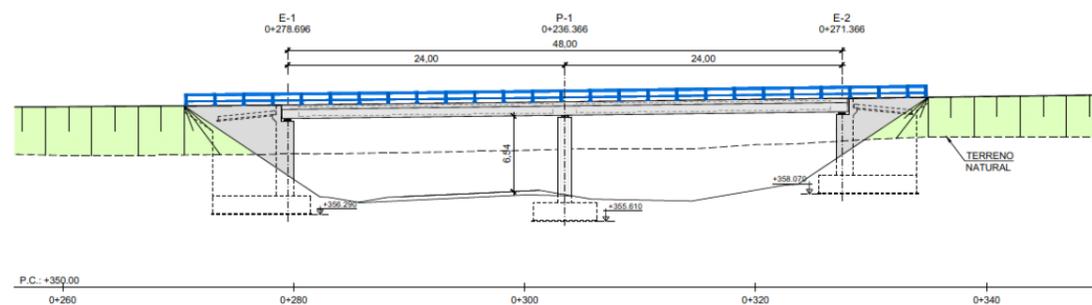


SECCIÓN TRANSVERSAL

La anchura de la sección es de 8,20 metros, que corresponden a una calzada de 5,30 metros, arcenes de 0,50 y 1,00 metros y 0,70 m a cada lado para la colocación de los pretilos de contención.

Las estructuras tienen dos vanos de 24,0 metros cada uno y el apoyo central consiste en un fuste circular de hormigón armado, 1,20 m de diámetro.

Se disponen estribos cerrados con aletas en vuelta en ambos extremos, para contener el relleno del terraplén y permitir el apoyo de la losa, así como losas de transición.



ALZADO

Tanto los estribos, como la pila intermedia están cimentados mediante zapatas que apoyan directamente sobre el terreno.