
PROYECTO BÁSICO DE LA RONDA OESTE DE VILAMARXANT

**ANEJO Nº 12
ESTRUCTURAS.**

ÍNDICE

1.- OBJETO.

2.- NORMATIVA A APLICAR.

3.- SISMICIDAD.

4.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.

5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

6.- MARCOS PARA PASOS DE FAUNA.

7.- MUROS DE CONTENCIÓN.

8.- OBRA DE PASO SOBRE EL BARRANCO DE TEULADA.

8.1.- SITUACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

8.2.- ELECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE PUENTE.

8.3.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

9.- PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS.

10.- PRUEBA DE CARGA.

APÉNDICE 1: "INFORME SOBRE LA SOLUCIÓN PROPUESTA DE PUENTE DE VANO ÚNICO SIN PILAS", REDACTADO POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE DE LA UPV.

APÉNDICE 2: ESTRUCTURA DE PASO SOBRE LE BARRANCO DE TEULADA. CÁLCULOS DE SOCAVACIÓN.

1.- OBJETO.

En el presente anejo se describen los elementos estructurales principales que forman parte del proyecto básico, que se corresponden con las actuaciones siguientes:

- Paso superior del tronco principal sobre el Barranco de Teulada.
- Muros de contención de terraplenes de la explanación de viales para evitar la ocupación física de caminos de servicio proyectados y otros elementos.
- Marcos para pasos de fauna bajo la calzada

La definición detallada de las estructuras y su dimensionamiento estructural se establecerán en el correspondiente proyecto constructivo. Sin embargo, se especifica en el presente anejo diferentes aspectos relacionados con el cálculo posterior:

- Normativa a aplicar
- Sismicidad
- Características de los materiales y del terreno.
- Características de la prueba de carga del puente.

Además se describen aspectos correspondientes al plan de mantenimiento de las estructuras, que deberán ser completados tras el dimensionamiento estructural que se realice en el proyecto constructivo.

2.- NORMATIVA A APLICAR.

Se deberá considerar las siguientes Normas e Instrucciones.

- EHE-08: "Instrucción de Hormigón Estructural".
- IAP-11: "Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera".
- NCSP-07 "Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes "
- "Guía de cimentaciones en obras de carreteras" (1998), del Ministerio de Fomento.
- NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente. Parte General y Edificación.

- Orden circular 11/02 sobre criterios a tener en cuenta en el proyecto y construcción de puentes con elementos prefabricados de hormigón estructural.
- EC-2. Eurocódigo 2, "Proyecto de Estructuras de Hormigón".
 - Parte 1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificación. UNE - ENV1992-1-1.
 - Parte 1-3: Reglas Generales. Elementos y Estructuras Prefabricados de Hormigón. UNE - ENV 1992-1-3.
- Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los apoyos elastoméricos para puentes de carretera (MOPU 1982).
- Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carretera. Ministerio de Fomento (1997).
- Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso.

3.- SISMICIDAD.

En el caso que nos ocupa no aplica la norma NCSP-07 pues es específica para puentes apoyados sobre pilas. La IAP-11 en temas relativos a sismo hace referencia a la norma anterior, en consecuencia tampoco es obligada su aplicación en nuestro caso.

Por lo tanto se consulta la NCSE-02 (para edificaciones en general)

En su artículo 1.2.3. se indica:

1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma.

La citada norma recoge lo siguiente:

La aplicación de esta Norma es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1, excepto:

- *En las construcciones de importancia moderada.*
- *En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.*
- *En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica ab (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, ac, (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.*

Y también:

1 De importancia moderada

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

2 De importancia normal

Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

A) MARCOS PREFABRICADOS O "IN SITU" Y ALETAS.

En el caso de los marcos, se trata de construcciones de importancia moderada, y además, con pórticos bien arriostrados. La destrucción de estas estructuras podría interrumpir el servicio de la carretera, si bien no es imprescindible pues existen vías alternativas.

Para el caso de los muros de aletas, se trata de construcciones de importancia moderada, pues su destrucción no interrumpe el servicio de la carretera.

Tal como se indica en el Anejo nº4: "Estudio geológico-geotécnico", la aceleración sísmica básica a_b es inferior a 0,08 g (0,05 g), y para los marcos a construir no sería necesario aplicar la norma.

B) ESTRUCTURA DE PASO SOBRE EL BARRANCO DE TEULADA.

la instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11) especifica:

"La acción sísmica se considerará en el proyecto de puentes de acuerdo con las prescripciones recogidas en la vigente Norma de Construcción Sismorresistente de Puentes (NCSP-07) o normativa que la sustituya.

Para la clasificación de los puentes por su importancia, exclusivamente a efectos de la aplicación de dicha Norma, se distinguirán las siguientes categorías:

a) Puentes de importancia moderada

Se podrán incluir en esta categoría aquellos puentes o estructuras en los que la consideración de la acción sísmica no sea económicamente justificable, siempre que no sean críticos para el mantenimiento de las comunicaciones.....

Para los puentes de importancia moderada, se tomará un factor de importancia de valor $\gamma_I = 0$.

Por tanto, nuestro puente se puede considerar de importancia moderada durante todas las etapas de la estructura, incluyendo la etapa constructiva.

Las acciones sísmicas en puentes se deberán considerar únicamente cuando el valor de la aceleración básica o el de la aceleración de cálculo sean iguales o superiores a 0,04 g, como es nuestro caso.

La aceleración de cálculo en el terreno a_c a considerar en el estudio sísmico para una estructura en servicio adopta la expresión:

$$a_c = S \rho a_b$$

Siendo a_b la aceleración sísmica básica, ρ el coeficiente de riesgo, y S es el coeficiente de amplificación del 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, cuyo valor hemos obtenido anteriormente como nulo.

γ_{II} Factor modificador para considerar un periodo de retorno diferente de 500 años.

Por tanto $\rho = 0$ y la a_c será 0 y como dice la norma de Construcción sismorresistente: Puentes (NCSP-07)

"Tampoco será necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones en que la aceleración sísmica horizontal de cálculo a_c definida en el apartado 3.4 cumpla: $a_c < 0,04 g$ "

Por tanto no será necesario considerar las acciones sísmicas en el cálculo.

4.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.

Tal como se puede comprobar en el Anejo Nº3: "Estudio geológico y geotécnico", los parámetros de cálculo del terreno (tensión admisible y coeficiente de balasto) a considerar para cada uno de los marcos necesarios par construir los pasos de fauna son los siguientes:

PASO DE FAUNA	PK	MARCO L x A (m)	UNIDAD GEOTÉCNICA	TENSION ADMISIBLE (KG/CM ²)
1	1+780	2,00 x 2,00	TM-2	>3
2	2+710	2,00 x 2,00	TM-1	2,25

Está previsto mejorar el terreno con una capa de pedraplén con tamaños de 50 – 100 Kg, de 0,50 m de espesor con 25 cm de zahorra artificial compactada al 100 %P.M. con el fin de asegurar al menos estos parámetros de cálculo.

Está previsto cimentar los estribos de la estructura en la unidad geotécnica TM-2, a unos 3 m de profundidad, según los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados a las muestras de materiales obtenidos a partir del sondeo ejecutado. Para disminuir la altura de los estribos se ha previsto la mejora del terreno en un espesor de 1,50 m, hasta alcanzar el estrato TM-2.

5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

A) MARCOS EN PASOS DE FAUNA

HORMIGÓN ARMADO:

Tipo.....	HA-30/P/20/IIa
Nivel de Control.....	Normal
Resistencia característica f_{ck}	30 MPa
Coefficiente de minoración γ_c	1,5
Resistencia de cálculo f_{od}	20 Mpa
Módulo de Elasticidad E_c ($E_c = 8500\sqrt[3]{f_{ck} (MPa) + 8}$).....	28 577 Mpa

ARMADURAS PASIVAS:

Tipo.....	B-500S
Nivel de Control.....	Normal
Resistencia característica f_{yk}	500 Mpa
Coefficiente de minoración γ_s	1,15
Resistencia de cálculo f_{yd}	434,8 Mpa
Módulo de Elasticidad E_s	210.000 Mpa

B) MUROS DE ALETAS Y MUROS DE CONTENCIÓN.

HORMIGÓN ARMADO:

Tipo.....	HA-30/P/20/IIa
Nivel de Control.....	Normal
Resistencia característica f_{ck}	30 MPa
Coefficiente de minoración γ_c	1,5
Resistencia de cálculo f_{od}	20 Mpa
Módulo de Elasticidad E_c ($E_c = 8500\sqrt[3]{f_{ck} (MPa) + 8}$).....	28 577 Mpa

ARMADURAS PASIVAS

Tipo.....	B-500S
Nivel de Control.....	Normal
Resistencia característica f_{yk}	500 Mpa
Coefficiente de minoración γ_s	1,15
Resistencia de cálculo f_{yd}	434,8 Mpa
Módulo de Elasticidad E_s	210.000 Mpa

C) ESTRUCTURA SOBRE EL BARRANCO DE TEULADA

Se indican las características de los materiales considerando las diferentes alternativas planteada.

ARMADURAS PASIVAS

Tipo.....	B-500S
Nivel de Control.....	Normal
Resistencia característica f_{yk}	500 Mpa
Coefficiente de minoración γ_s	1,15
Resistencia de cálculo f_{yd}	434,8 Mpa
Módulo de Elasticidad E_s	210.000 Mpa

HORMIGÓN ARMADO

LOSA TABLERO

Tipo	HA-30 / B / 20 / IIa
Nivel de control	Estadístico
Resistencia característica f_{ck}	30 MPa
Resistencia media f_{cm}	38 MPa
Control de ejecución.....	Normal
MODULO DE ELASTICIDAD	
Módulo de Elasticidad inicial E_{co}	34 000 N/mm ²
Módulo de Elasticidad secante E_c	29 000 N/mm ²
Módulo de Poisson ν_c	0.20

ESTRIBOS, ALETAS Y LOSAS DE TRANSICIÓN

TipoHA-30 / P / 20 / IIa
 Nivel de controlEstadístico
 Resistencia característica fck30 MPa
 Resistencia media fcm38 MPa
 Control de ejecución.....Normal

MODULO DE ELASTICIDAD

Módulo de Elasticidad inicial Eco34 000 N/mm²
 Módulo de Elasticidad secante Ec29 000 N/mm²
 Módulo de Poisson _c0.20

VIGAS TABLERO

TipoHP-50 / AC / 10 / IIIa
 Nivel de controlEstadístico
 Resistencia característica fck50 MPa
 Resistencia media fcm58 MPa
 Control de ejecución.....Intenso

MODULO DE ELASTICIDAD

Módulo de Elasticidad inicial Eco39 000 N/mm²
 Módulo de Elasticidad secante Ec33 000 N/mm²
 Módulo de Poisson _c0.20

PRELOSA AUTOPORTANTE

TipoHA-35 / B / 12 / IIa
 Nivel de controlEstadístico
 Resistencia característica fck35 MPa
 Control de ejecución.....Normal
 Módulo de Poisson _c0.20

ARMADURAS ACTIVAS

VIGAS TABLERO

Tipo acero.....Y-1860-S7
 Nivel de controlNormal
 Tensión de rotura1900 MPa
 Límite elástico al 0.2 %>= 1710 MPa
 Límite plástico.....>= 1860 MPa
 Módulo de Elasticidad Es200 000 MPa

ACERO ESTRUCTURAL

Normativa: UNE-EN 10025: "Productos laminados en caliente de acero para estructuras"
 Tipo de acero: S 355 J2G3
 Módulo de elasticidad: E_a = 210 000 N/mm²
 Módulo de elasticidad transversal: G_a = 81 000 N/mm²
 Coeficiente de Poisson: 0,3
 Coeficiente de dilatación térmica: 12 x 10⁻⁶ (°C)⁻⁶
 Densidad: 78,50 kN/m³

Características mecánicas de las chapas en función del espesor:

Espesor nominal (mm)	Límite elástico mínimo (N/mm ²)	Tensión de rotura (N/mm ²)
t ≤ 16	355	490
16 < t ≤ 40	345	490
40 < t ≤ 63	335	490

6.- MARCOS PARA PASOS DE FAUNA.

Se proyectan mediante obras de sección cuadrada construidas con "in situ" de dimensiones interiores 2,00 x 2,00 m, y longitudes de 18 y 35 m: En prolongación de los marcos se disponen aletas de hormigón armado trapezoidales. Se disponen aletas de entrada y salida en cada uno de los marcos, según se describirá en los apartados siguientes, para la contención de tierras de las obras de fábrica. Se tratará de aletas de altura variable, e inclinadas en planta 30° respecto al eje de la obra de fábrica. Las zapatas de cada una de las aletas proyectadas tienen canto y vuelos, en trasdós e intradós, diferentes en función del tipo de aleta proyectada.

En la siguiente tabla se resumen las características de cada marco proyectado:

PASO DE FAUNA	UBICACIÓN P.K.	LONGITUD TOTAL (m)	SECCIÓN INTERIOR		ESPESORES		
			ANCHO (m)	ALTO (m)	SOLERA (m)	DINTEL (m)	HASTIALES (m)
1	1+780	40	2	2	0,35	0,35	0,30
2	2+710	43	2	2	0,35	0,35	0,30

7.- MUROS DE CONTENCIÓN.

La construcción de la actuación requiere prever una serie de muros de contención de terraplenes de la explanación del vial principal, que se dispondrán tanto para evitar la ocupación física de parcelas urbanas. Se proyectan todos ellos como muros rectos de hormigón armado con puntera y talón.

En el plano nº 4 "Planta general" del Documento nº 2 "Planos" se representan los tramos de muro proyectados, que se prevén en hormigón armado. A continuación se indica las características geométricas en función de su entidad:

Nombre	ALZADO		ZAPATA		
	Altura (m)	Espesor (m)	Canto (m)	Puntera (m)	Ancho Total (m)
M-1	1,00	0,25	0,30	0,50	1,25
M-2	2,00	0,30	0,30	0,60	1,50

En el presente proyecto se ha previsto la construcción de:

- ✓ Muro M-2 con altura máxima de 2,00 m y 140 m de longitud entre PK 2+480 y 2+620.
- ✓ Muro M-1 con altura máxima de 1,00 m y 50 m de longitud entre PK 1+690 y PK 1+740.

8.- OBRA DE PASO SOBRE EL BARRANCO DE TEULADA.

8.1.- SITUACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Para el cruce a distinto nivel del tronco principal con el Barranco de Teulada, se prevé la ejecución de una estructura sobre cuyo tablero se ubicará la calzada, en el entorno del PK 0+900 de la Ronda.

8.2.- ELECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE PUENTE.

8.2.1.- Descripción de tipos posibles

Para comenzar, se realizará una breve descripción de los tipos posibles de puentes existentes más habituales según la luz que presenten y la aplicación de cada uno de ellos.

Se ha optado por una solución mediante estructura de un solo vano sin pila intermedia por los motivos siguientes:

- ✓ La longitud de vigas prevista para salvar el paso del barranco es de 45 m, disponible en el mercado, si bien precisa transporte especial para llevarlas hasta el punto de colocación. Por otra parte, se trata de una solución adoptada por diferentes administraciones, entre ellas la Generalitat Valenciana. Se cita como ejemplo el Proyecto de construcción "Nuevo puente sobre el barranco de Chiva. Acceso a Torrent". Dirección General de Obras Públicas, Transporte y Movilidad de la Generalitat Valenciana, dónde se utiliza este tipo de solución para salvar una luz de 44 m entre pilas.

✓ La disposición de una pila intermedia para reducir la luz de las vigas presenta serios inconvenientes, de acuerdo con lo justificado en los apéndices 1 y 2 incluidos en el presente anejo:

- La interposición de pilas en el flujo del agua supone una alteración del régimen de corrientes, y por tanto, el cambio de la dinámica fluvial, con la aparición de diversos fenómenos indeseables: socavación localizada en las pilas, sobre elevación agua arriba de la lámina de agua (en régimen lento) e inestabilidad del flujo en el entorno del puente (régimen rápido). Estos aspectos, aunque algunos de ellos se pueden corregir, introducen una probabilidad de fallo de la estructura no controlable.
- La Comisaría de Aguas de la CHJ, como política general, y salvo excepciones muy justificadas no permite la ubicación de pilas en el DPH.
- La Norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de carreteras recomienda que los puentes y ODT perturben lo menos posible la circulación del agua por el terreno natural.
- El estudio de socavaciones incluido en el Apéndice 2 concluye que considerando una pila circular de 1,80 m de diámetro para la avenida de 500 años de período de retorno obligaría construir el encepado o zapata de la pila a 6,70 m de profundidad, con una protección de escollera de 2,65 m de espesor. Esta medida obliga además a tareas periódicas de mantenimiento por parte de la Generalitat Valenciana para su reposición o recolocación, como titular y responsable de la infraestructura.
- Desde el punto de vista medioambiental también es recomendable evitar la colocación de pila intermedia.

Como documento justificativo de las consideraciones anteriores se incluyen los documentos siguientes en sendos apéndices del presente anejo:

- ✓ Apéndice 1: "Informe sobre la solución propuesta de puente de vano único sin pilas", redactado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la UPV.
- ✓ Apéndice 2: Estudio de socavación en la pila central del puente sobre el barranco de Teulada.

La distancia entre estribos ha sido determinada en el *Anejo nº11: Estudio de inundabilidad*, con el fin de evitar la afección al cauce, y cumplir con los condicionantes de la CHJ y de PATRICOVA. Por este motivo, se ha dispuesto estos estribos fuera del área de inundación para caudal del cauce del barranco de Teulada correspondiente a un período de retorno de 100 años, por lo que la construcción quedará fuera de la zona de flujo preferente.

A) PUENTES DE LUCES CORTAS Y MEDIAS.

Puentes rectos constituidos por dos estribos en la zona de los extremos. Se distingue dependiendo si el material resistente es el hormigón o el acero.

Dentro del hormigón se puede encontrar tres tipos de secciones que son las siguientes:

- ✓ Sección de vigas prefabricadas.
- ✓ Sección de losa aligerada.
- ✓ Sección en cajón.

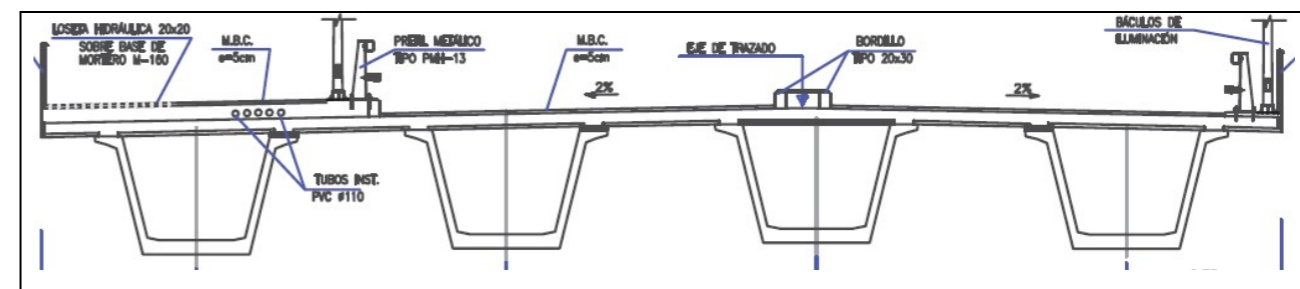
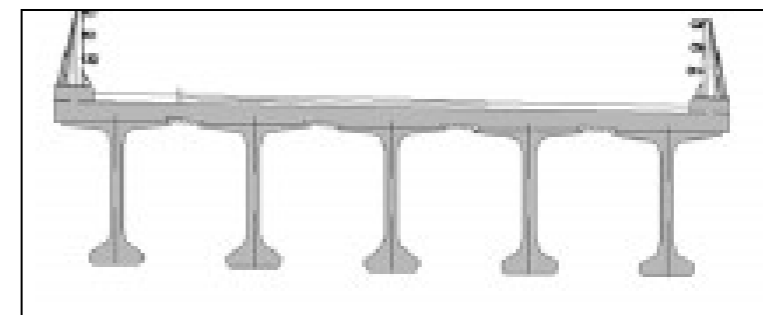
Si se supone el material existente el acero, se puede realizar la siguiente clasificación:

- ✓ Sección de vigas en doble T.
- ✓ Sección en cajón.

A continuación se especificará con más detalle las secciones en las que el material resistente es el hormigón.

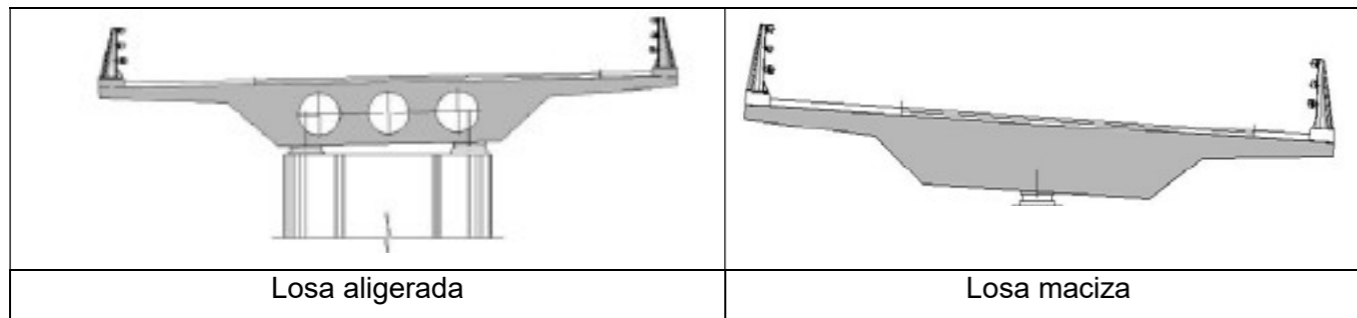
Sección de vigas prefabricadas

Generalmente están constituidos con vigas prefabricadas doble "T" o artesa de hormigón pretensado o postensadas" in situ". Son estructuras isostáticas, donde las vigas son colocadas en tramos biapoyados. Se ejecuta una losa de compresión de un espesor entre 20-25 cm sobre las cabezas de las vigas y la continuidad suele darse en la capa de rodadura de la losa superior para evitar que las juntas afecten al confort del usuario. Los cantos que suelen establecerse son de L/20 aunque pueden darse aún mayores como L/18 o L/15. Las vigas prefabricadas son perfiladas para obtener la máxima inercia.



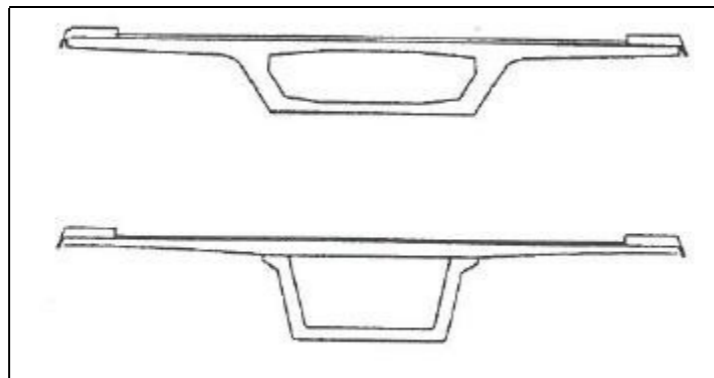
Sección de losa aligerada pretensada

Se utilizan en luces de unos 15-20 m como máximo si se realiza de hormigón armado y hasta 35 m si es pretensado (ya sea canto constante o ligeramente variable). Los cantos que suelen establecerse para esta sección son de $L/20$ o menores ($L/30$ o $L/40$). Este tipo de sección se adapta mejor a tramos curvos u oblicuos, y se aconseja continuidad entre vanos en los procesos constructivos para obtener una mayor resistencia. Por otro lado, estos puentes están menos industrializados que los puentes de vigas prefabricadas. Para luces menores de 25 m es más caro aligerar que no hacerlo. Si la luz del puente oscila entre unos 40-50 m, sí merece la pena aligerar. Si en vez de losa aligerada se ejecutara con losa maciza, se permitirían luces de unos 15 m si se realiza con hormigón armado y unos 25 m si se realiza con hormigón prefabricado.

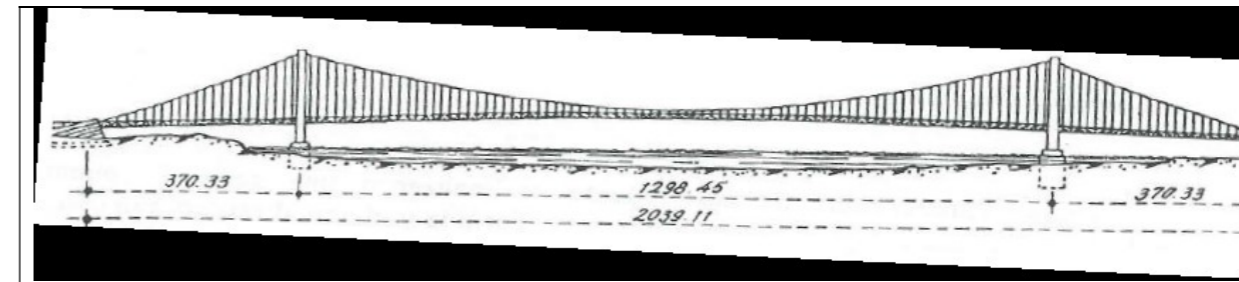


Sección en cajón

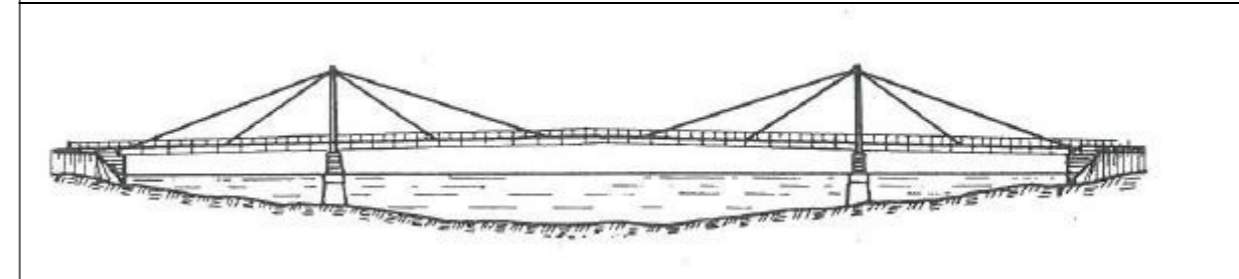
En este tipo de secciones, el cajón puede ser armado o pretensado. Es muy común el empleo de vigas artesa, lo que conlleva la utilización de prelosas (elementos que presentan una armadura y son colaboradores estructuralmente) que conecten dichas vigas. Estos tableros pueden alcanzar medidas de 40-45 m.



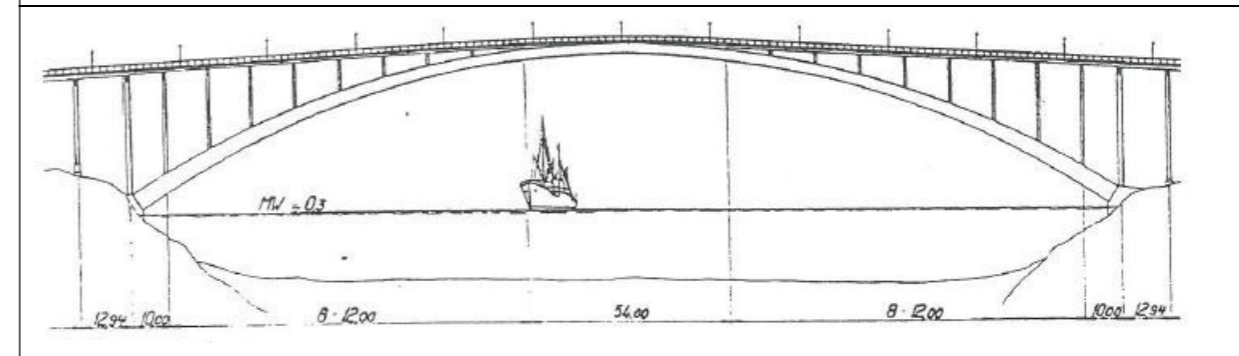
Puentes de grandes luces.



Puentes colgantes (luz > 500 m)



Puentes atirantados (luz 150-500 m)



Puentes arco (luz 100-200 m)

8.2.2.- Selección de la tipología adecuada.

La solución adoptada se realiza analizando diversos condicionantes:

✓ Condicionantes geométricos:

La sección del tablero viene definida a partir de la sección tipo del tronco de la ronda. La estructura se sitúa en un tramo recto entre las rotondas 2 y 3, en el ámbito de la embocadura norte de la primera de ellas. En alzado, el puente se encuentra en una rasante única alejada de los acuerdos. La estructura se adaptará a la topografía del terreno, para lo cual se ha realizado un levantamiento taquimétrico que completa la restitución del vuelo que ha servido de base para la redacción del proyecto. El tablero acoge una sección compuesta por dos carriles de 3,50 m, arcenes de 1,50 m, separador de 1,80 m entre calzada y carril ciclopeatonal de 3,50 m. Dispondrá de sobranchos laterales hasta conseguir una plataforma total suficiente, que será variable puesto que en el PK de entrada tiene que recoger el ancho del

cebreado de la isleta de la rotonda 2. Por tanto, el ancho del tablero será variable entre 18,80 y 21,50 m, y permitirá disponer dos barreras metálicas de 0,60 m de ancho ancladas a cada lado del tablero, considerando una distancia mínima desde el borde exterior del arcén a los obstáculos laterales de 1,80 m, tal y como está prescrito en la Orden Circular 28/2009 “Recomendaciones sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas”.

El condicionante principal es la longitud a salvar, determinada por la posición de los estribos fuera de la zona de inundación correspondiente al período de retorno de 100 años, que establece la necesidad de salvar luces inferiores a 50 m.

✓ **Condicionantes estructurales:**

A pesar de presentar desventajas por su mayor peso propio y el mayor canto necesario, se ha optado por una sección transversal compuesta por elementos prefabricados, ya que la altura de la rasante proyectada y el cruce sobre un tramo recto de barranco, hacen que no sean necesarias situaciones de gálibo reducido condicionado por la capacidad de desagüe del cauce. Se propone un canto de viga dado por la relación de L/22 a L/20. Por otra parte, el carácter isostático del tablero podría permitir la disposición de sillas-cargadero o estribo flotante en el terraplén, ya que sus asientos no son condicionantes en el comportamiento estructural del tablero.

✓ **Condicionantes hidráulicos y ambientales,** derivados del documento de alcance emitido por el órgano ambiental y de las imposiciones del organismo de cuenca, que imponen las condiciones de desagüe del barranco, y por tanto la rasante de la ronda a su paso. Las restricciones a la ocupación del cauce mediante pilas condicionan el número de vanos a disponer.

✓ **Condicionantes constructivos.** Se ha optado por evitar soluciones que necesiten ocupar el cauce con la colocación de torres que sirvan de apoyo a cimbras o elementos estructurales del tablero. Considerando la altura de la rasante sobre el terreno, y la luz a salvar en el cauce, el procedimiento óptimo para el montaje de las vigas sobre los estribos consiste en la colocación de elementos autoportantes mediante grúas. Una vez montadas las vigas se colocan las prelosas prefabricadas mediante grúas y se hormigona el tablero, avanzando sobre los tramos previamente ejecutados. De esta forma se ejecuta el tablero sin afectar al cauce.

✓ **Condicionantes estéticos.** Considerando que la estructura se sitúa en una zona recta, se ha optado por una sección transversal de canto constante que favorece la sencillez y limpieza de formas. En todo caso, el empleo de un canto importante bajo la estructura disminuye la diafanidad vertical.

✓ **Condicionantes geotécnicos.** Las características del terreno descritas en el *anejo nº4: “Estudio geológico-geotécnico”* nos han permitido establecer que los condicionantes geotécnico no imponen restricciones al tipo de estructura a adoptar.

✓ **Condicionantes económicos.** Los condicionantes anteriormente impuestos obligan a que las únicas soluciones factibles sean la construcción de un puente arco o atirantado. Los costes estimados para cada una de las soluciones posibles son los siguientes:

SOLUCIÓN ESTRUCTURAL	COSTE TOTAL (€/m ²)
Viga artesa prefabricada	720
Viga mixta	850
Puente arco de tablero inferior	1 100
Puente atirantado	1 200

En este caso se adopta la solución más económica, correspondiente al tablero conformado por vigas artesa prefabricadas. La elección de esta tipología de tablero para este puente permite unificar las tipologías empleadas para estructuras en el tronco que cruzan sobre cauces, ya que evita la ocupación del barranco, con la ventaja adicional de independizar del terreno la construcción del tablero.

8.3.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Presenta las siguientes características principales:

- ✓ Tipología de vigas: Vigas artesa
- ✓ Planta recta
- ✓ Nº vanos: 1
- ✓ Longitud vano: 45 m
- ✓ Nº Vigas: 4
- ✓ Canto de las vigas: 2,10 m
- ✓ Canto de la losa de compresión: 0,25 m
- ✓ Ancho de tablero: 18,30 m
- ✓ Separación entre vigas: 5,90m

A) TABLERO

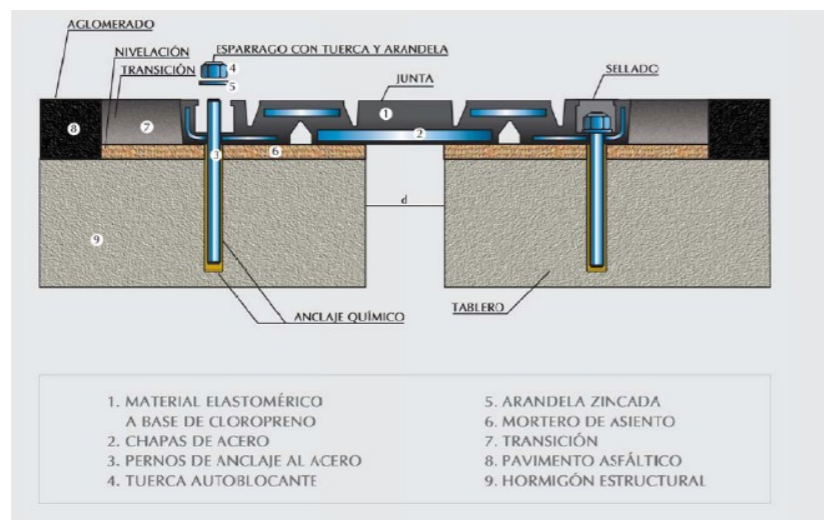
La tipología del tablero es de vigas en artesa prefabricadas, con una luz máxima de 45 m en vano único isostático, de 2,10 m de canto. La separación de vigas es de 5,90 m, para un ancho total de tablero de 18,30 m, que se consigue mediante 4 vigas. La losa de compresión será de 0,25 m de espesor. (6 cm para la prelosa autoportante) y 19 cm para hormigonar “in situ”, para un canto total de tablero de 2,35 m.

Se dispondrá junto de dilatación en los estribos. Entre el tablero y el murete de los estribos se dejará un espacio de 5 cm, suficiente para los desplazamientos del tablero

B) ESTRIBOS

Los estribos serán de tipo cerrado de hormigón armado y aletas en vuelta, ya que la proximidad del cauce no permite el derrame frontal de tierras. La cimentación será superficial mediante zapata, con una mejora del terreno hasta alcanzar el material previsto en el anejo nº4: “Estudio geológico geotécnico” (cimentación directa sobre los niveles de arenas con gravas de la unidad geotécnica TM-2, situada a unos 3 m de profundidad)

Los apoyos en los estribos se realizarán mediante neopreno zunchado. El tablero se completa con diferentes acabados formados por la impermeabilización del tablero, los sumideros que permiten la evacuación del agua, y las juntas de dilatación en las secciones de estribos. Estas se dimensiona para poder absorber los movimientos esperados por el tablero, debiendo permitir cada una de las dispuestas en los extremos de éste el movimiento total de al menos 52 mm (junta tipo JNA-52 o similar). Estarán constituidas por una banda de material elastómero, con mezcla de caucho con base cloropreno y refuerzos metálicos de acero en su interior. El conjunto se ancla mediante pernos a los bordes de la estructura, fijados mediante resinas epoxi con arandelas zincadas y tuercas autoblocantes. Las cabezas de los anclajes van alojadas en huecos previstos en los bordes y que una vez apretadas se sellan para dar continuidad a la capa de rodadura.



Características Caucho Vulcanizado	
Dureza Shore A (UNE 53.549)	> 40
Densidad (g./cc.)	>1.05
Resistencia a tracción (Mpa) (UNE 53.510)	> 13
Alargamiento hasta rotura (%) (UNE 53.510)	> 450
Resistencia a desgarro (kg/cm.) (UNE 53.516)	> 20
Envejecimiento térmico (UNE 53.548), 100°C, 70 horas.	
Variación de peso (%)	<5
Dureza Shore A	> 40
Variación de la resistencia a tracción (%)	< 35
Variación del alargamiento a rotura (%)	< 40
Resistencia al Ozono (UNE 53.558/ Parte 1)	Sin grietas en la zona expuesta
Características Aceros ST-37-2 s/norma EN 10024	
Resistencia a tracción hasta fluencia (Mpa)	> 200
Resistencia a tracción hasta rotura (Mpa)	> 300
Alargamiento (%)	> 25

La ejecución se realizará de la forma siguiente:

- 1.- Replanteo de la junta, y marcado en ambos estribos el ancho de corte. Seguidamente se cotra con máquina de disco de diamante a la profundidad adecuada.
- 2.-Retirada de la mezcla bituminosa entre cortes, preparación de superficie del fondo de la caja mediante repicado mecánico.
- 3.-Preparación de la superficie el fondo de caja con resinas de unión, colocación de capa de recrido y nivelación con mortero especial de alta resistencia hasta alcanzar la cota adecuada.
- 4.- Una vez fraguado el mortero, se presentarán los módulos centrados sobre la junta estructural y se realizarán los taladros.
- 5.- Elaboración del mortero de resina de anclaje fluido, vertido por colada, e introducción de los espárragos con su tuerca y arandela. Una vez curado el anclaje, se dará el para de apriete.
- 6.-Una vez anclada la junta, se rellenan las zonas de transición mediante mortero especial de alta elasticidad.
- 7.- Sellado de cavidades de los anclajes con ligante en caliente.

En ambos estribos se dispondrán sendas losas de transición de hormigón armado, de al menos 8,00 m de longitud en el sentido de circulación y 30 cm de canto. Su diseño cumplirá con las "Notas de servicio sobre Losas de Transición en obras de paso" del Ministerio de Fomento y el documento "Diseño y cálculo de transiciones obra de paso-terraplén" (2007) de la Asociación Técnica de Carreteras.

9.- PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS.

En el proyecto constructivo se deberá establecer el "Plan de Inspección y Mantenimiento de las estructuras", redactado en base a los principios establecidos en la Instrucción de hormigón estructural (EHE) y en la experiencia en el presente campo.

Se acotarán 4 zonas perfectamente delimitables en la estructura:

- ✓ Superestructura: comprende los elementos portantes principales (vigas), elementos portantes secundarios (losa superior del tablero). Se recomienda observar los desplazamientos verticales y horizontales.
- ✓ Subestructura: estribos, terraplenes, muros y aparatos de apoyo, cuyo estado general y situación de deformación ofrecen una idea del funcionamiento global de la estructura del puente.
- ✓ Cimiento: inaccesible al quedar enterrado, por lo que los posibles fallos sólo se detectarán indirectamente si se traducen en efectos visibles en la superestructura a través de movimientos o fisuras.
- ✓ Equipamientos: juntas, impermeabilización del tablero, pavimento, sistema de drenaje, barandilla y elementos de seguridad.

Se resume a continuación los diferentes aspectos a considerar en este plan, que contemplará las distintas fases en la vida útil de las estructuras:

- ✓ Fase de proyecto: se definen los principios básicos para la inspección y mantenimiento de la estructura.
- ✓ Fase de construcción: se comprobará que la obra se ejecuta en base a la información de proyecto. Cualquier cambio en la geometría externa o interna de la estructura, los materiales empleados o el procedimiento constructivo deberá ser incluido en el correspondiente proyecto "as built" de la estructura.

- ✓ Entrega de la estructura: una vez finalizada y entregada la estructura, se deberá hacer entrega de toda la documentación de proyecto y obra al agente responsable de la estructura durante su vida de servicio, quien deberá conservarla correctamente archivada, para su rápida consulta en caso de que se considere necesario.

- ✓ Fase de servicio: las tareas de inspección y mantenimiento deberán ser realizadas por personal técnico especializado en esta clase de trabajos.

- ✓ Fase de desmantelamiento de la estructura: en caso de que se considere necesario el desmontaje de la estructura tras finalizar su vida de servicio o por la inviabilidad de la misma para el mismo, deberá redactarse el correspondiente proyecto de demolición.

Se deberán establecer tres tipos de inspección:

- ✓ .Inspecciones rutinarias o superficiales
- ✓ Inspecciones principales
- ✓ Inspecciones especiales.

10.- PRUEBA DE CARGA.

El objeto de la prueba de carga de recepción es comprobar que la estructura proyectada presenta un comportamiento satisfactorio frente a las sobrecargas de explotación. Dichas sobrecargas son las definidas en la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-98)", dada por O.M. del 12 de Febrero de 1998.

El nivel de carga alcanzado durante la prueba debe ser representativo de las acciones de servicio. Se considera adecuado alcanzar un nivel de carga correspondiente a un período de retorno próximo a 5 años. De acuerdo con esto, se aconseja que las solicitaciones a que dé lugar el tren de cargas real de la prueba de carga estén en torno al 60% de los valores teóricos producidos por el tren de carga definido en la Instrucción de acciones, adoptando sus valores característicos sin mayorar.

En ningún caso las solicitaciones producidas por el tren de cargas real serán superiores al 70% de dichos esfuerzos teóricos, de forma que se garantice que el puente se mantiene en régimen elástico durante la realización de la prueba.

El proyecto constructivo recogerá el cálculo de la prueba de carga a realizar en la estructura, que contemplará al menos los aspectos siguientes:

- ✓ Plazo de ejecución.
- ✓ Tren de cargas de la prueba.
- ✓ Estados de carga.
- ✓ Materiales considerados.
- ✓ Medidas a realizar.
- ✓ Criterios de aceptación.

APÉNDICE 1:

**“INFORME SOBRE LA SOLUCIÓN PROPUESTA DE PUENTE DE VANO ÚNICO SIN PILAS”,
REDACTADO POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE DE LA UPV.**

Departamento de Ingeniería
Hidráulica y Medio Ambiente



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

***PROYECTO BÁSICO DE LA RONDA OESTE DE
VILAMARXANT (VALENCIA). PUENTE SOBRE EL
BARRANCO DE TEULADA.***

***INFORME SOBRE LA SOLUCIÓN PROPUESTA DE
PUENTE DE VANO ÚNICO SIN PILAS***

ÍNDICE

- 1.- ANTECEDENTES.
- 2.- OBJETO.
- 3.- NORMATIVA.
- 4.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.
 - 4.1.- CRITERIO BÁSICO.
 - 4.2.- REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.
 - 4.3.- NORMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE CARRETERAS.
- 5.- CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS.
 - 5.1.- NORMAS DE OBRA DE PASO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN.
 - 5.2.- PRÁCTICA CONSTRUCTIVA DE LOS PUENTES DE VIGAS.
 - 5.3.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.
- 6.- CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO.
- 7.- CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES.
- 8.- CONCLUSIÓN.

1.- ANTECEDENTES.

La empresa INTERCONTROL LEVANTE S.A. ha redactado el "*PROYECTO BÁSICO DE LA RONDA OESTE DE VILAMARXANT*", dentro del cual se contempla un **paso superior sobre el barranco de Teulada** en el entorno del P.K. 0+900 de la Ronda.

La estructura proyectada es un puente con las siguientes características principales:

- *Tipología de vigas: Vigas artesa*
- *Planta recta*
- *Nº vanos: 1*
- *Longitud vano: 45 m*
- *Nº Vigas: 4*
- *Canto de las vigas: 2,10 m*
- *Canto de la losa de compresión: 0,25 m*
- *Ancho de tablero: 18,30 m*
- *Separación entre vigas: 5,20m*

2.- OBJETO.

El presente informe tiene por objeto analizar desde el punto de vista técnico la bondad de la solución adoptada de vano único sin apoyos frente a la alternativa de colocar una pila central con dos vanos iguales, de 22,5 m cada uno.

3.- NORMATIVA.

De acuerdo con el objeto del informe se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el **Reglamento del Dominio Público Hidráulico** (RDPH), y su modificación por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma **5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras**.
- Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (**PATRICOVA**).
- **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables** (SNCZI).
- "**Control de la erosión fluvial en puentes**" del MOPU (septiembre de 1988).
- "**Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos**" del Ministerio de Medio Ambiente (diciembre 2007).
- "**Obras de paso de nueva construcción. Conceptos generales**" del Ministerio de Fomento (2000).

4.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.

4.1.- CRITERIO BÁSICO.

Actualmente es un criterio básico de partida que "**las obras en los cauces deben ser, en todo lo posible, acordes con su configuración natural, pues en caso contrario el río se encargará de modificarla, invalidando la función para la que se ha construido**", y así enseñamos en la asignatura de ingeniería fluvial de las escuelas de ingeniería civil, en particular, en la Universidad Politécnica de Valencia.

De forma general, **la interposición de pilas en el flujo del agua supone una alteración del régimen de corrientes, y por tanto, el cambio de la dinámica fluvial, con la aparición de diversos fenómenos indeseables:**

- Socavación localizada en las pilas
- Sobreelevación agua arriba de la lámina de agua (en régimen lento)
- Inestabilidad del flujo en el entorno del puente (régimen rápido).

Todos estos son aspectos son indeseables, pues aunque la mayoría se pueden corregir: pretilos o motas de protección, mantos de escollera para evitar la erosión de la cimentación de las pilas, etc. introducen una **probabilidad de fallo de la estructura no controlable**.

Esta probabilidad supone que en caso de superar la avenida de diseño la estructura colapsa. Dicha crecida no se puede controlar, como sin embargo si se hace con las cargas de tráfico, pues depende de la meteorología. Y además el puente se encuentra en un tramo meandriforme del río, por tanto con una geomorfología altamente inestable.

Por tanto, **de forma general, y siempre que sea técnicamente posible se deberá evitar la colocación de apoyos intermedios en los puentes**.

4.2.- REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.

El art 126 ter. "*Criterios de diseño y conservación para obras de protección, modificaciones en los cauces y obras de paso*", expresa que:

"3. *El diseño de los puentes, pasarelas y obras de drenaje transversal en las autopistas, autovías, vías rápidas y nuevas carreteras convencionales y de la red ferroviaria, así como de aquellas otras vías de comunicación que den acceso a instalaciones y servicios básicos para la planificación de protección civil, se realizará de forma que no se ocupe la vía de intenso desagüe con terraplenes o estribos de la estructura de paso y no se produzcan alteraciones significativas de la zona de flujo preferente, para lo cual la obra de paso se complementará con posibles obras de drenaje adicionales y pasos inferiores.*

En caso necesario, podrán ubicarse pilas dentro de la vía de intenso desagüe, minimizando siempre la alteración del régimen hidráulico, y garantizando que la sobreelevación producida sea inferior a los límites establecidos en el artículo 9.2. En

aquellas zonas donde pueda verse afectada la seguridad de las personas y bienes o el posible desarrollo urbanístico, la sobreelevación máxima será inferior a 10 cm."

Tal como está formulado queda claro que la colocación de pilas dentro de la vía de intenso desagüe, como es el caso de una pila central, es la excepción por necesidad, no la regla.

Y no es necesario explicitarlo más pues se trata de un criterio básico, como ya se ha mencionado anteriormente.

De hecho, la Comisaría de Aguas de Confederación Hidrográfica del Júcar tiene como política general, salvo excepciones muy justificadas, **no permitir la ubicación de pilas en el DPH** (como sería este caso de una pila central en el cauce).

4.3.- NORMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE CARRETERAS.

En la misma línea que lo anteriormente expuesto el apartado 4.1 "*Drenaje transversal. Introducción*" indica que "***los puentes y ODT deben perturbar lo menos posible la circulación del agua por el terreno natural, cumpliendo al paso del caudal de proyecto las condiciones de desagüe que se refieren en los apartados 4.3 y 4.4 y las condiciones que establezca la Administración Hidráulica***".

5.- CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS.

5.1.- NORMAS DE OBRA DE PASO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN.

El apartado 2.1.1.3 "*Tableros contruidos con vigas prefabricadas. Rangos de utilización*" dice que "***los rangos de utilización de los elementos prefabricados oscilan entre los 5 y 50 metros, tal como se indicó en el epígrafe***

1.4. No obstante, en las aplicaciones habituales, no es frecuente superar los 45 metros".

Adicionalmente cabe comentar que han pasado 20 años desde la publicación de la norma, con los consiguientes avances en la tecnología de materiales, que cada vez permiten luces mayores.

5.2.- PRÁCTICA CONSTRUCTIVA DE LOS PUENTES DE VIGAS.

El profesor Víctor Yepes, doctor ingeniero de caminos, canales y puertos, catedrático de Ingeniería de la Construcción de la UPV de forma específica indica en su publicación "*Análisis de ciclo de vida de puentes óptimos de vigas artesa*" cuál es el campo óptimo de aplicación: "**se emplean para luces de pilas entre 25 y 45 m con vanos simplemente apoyados, llegando hasta los 60 m con vanos en cantiléver**".

Además se podrían enumerar diversas actuaciones de la Generalitat Valenciana con luces de 45 m, por tanto, la solución estructural prevista es técnicamente viable.

5.3.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.

La empresa INTERCONTROL LEVANTE, S.A. presenta un estudio de socavaciones en caso de que se colocara la pila central. Se ha realizado adecuadamente, de acuerdo con la metodología del profesor Témez que se recoge en la publicación "*Control de la erosión fluvial en puentes*".

Los resultados obtenidos, considerando una pila circular de 1.80 m de diámetro para la avenida de 500 años de período de retorno, que es la que fija la normativa, han sido los siguientes:

- Socavación general = 6,69 m
- Socavación localizada = 2.61 m
- Socavación total = 9,30 m

Así pues, teniendo en cuenta las consideraciones del apartado 5 "*Medidas contra la erosión. Mantos de escollera*" "*se recomienda colocar la protección a la cota del lecho durante las avenidas la es decir, a una profundidad desde el perfil habitual del fondo igual a la erosión general*". Por tanto, la cimentación debería tener su encepado o zapata a 6.70 m de profundidad,

El espesor del manto de escollera, en este caso 2.65 m, se coloca con una profundidad igual a la socavación localizada, desde "el lecho en la avenida de cálculo", es decir habiendo sufrido la socavación generalizada

Todo esto supone, además de un coste económico elevado, la necesidad de hacer taludes de prácticamente 10 m de altura, que necesariamente deberán ejecutarse con bermas, **lo que supone cuidadosas medidas de seguridad y salud y un fuerte impacto ambiental localizado sobre la flora y fauna en el entorno del puente.**

6.- CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO.

En caso de la colocación de una pila intermedia se hará necesaria la ejecución de una protección de un manto de escollera, que lógicamente obligará a **tareas periódicas de mantenimiento para su reposición y/o recolocación** debido al basculamiento de la misma según las diferentes avenidas que puedan suceder.

Esto supone por parte de la Generalitat Valenciana y de sus ingenieros la consiguiente **responsabilidad para la conservación de la infraestructura**, como

reconoce de forma explícita el art. 126 ter. "Criterios de diseño y conservación para obras de protección, modificaciones en los cauces y obras de paso":

"6. En todo caso, los titulares de estas infraestructuras deberán realizar las labores de conservación necesarias que garanticen el mantenimiento de la capacidad de desagüe de la misma".

7.- CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES.

La Estrategia Nacional de Restauración de Ríos "pretende recuperar en la medida de lo posible, un **estado más próximo al natural de los ríos**", lo que está claramente en consonancia con lo comentado en el apartado 4.1, de forma que la estructuras que diseñen respeten el régimen natural del río, situación que queda perfectamente respetada por un vano único frente a la colocación de una pila, que supone un obstáculo.

Aún más dentro de los criterios establecidos en el documento sobre "Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos" se apuesta claramente por **la eliminación de barreras**, de forma que como se indica en el apartado 7.4. "dichas barreras transversales y longitudinales deben ser analizadas con detalle, revisando su estado y posibilidades de su impacto sobre el ecosistema fluvial". Parece pues absurdo la colocación de una barrera, la pila, cuando técnicamente es evitable.

Por último, está la consideración de los cauces como **infraestructuras verdes que actúan como corredores**. En este sentido, desde el año 2014 el Ayuntamiento de Vilamarxant ha realizado diversas actuaciones destinadas a que el barranco de Teulada recupere su valor ecológico. El objetivo municipal "es el de hacer que el barranco funcione como corredor natural entre otros ecosistemas próximos y, de este modo, se convierta en un espacio lúdico para el disfrute de los vecinos y visitantes".

8.- CONCLUSIÓN.

Desde un punto de visto técnico, en sus aspectos hidráulicos, constructivos, de mantenimiento y medioambientales, la solución propuesta para el puente de la Ronda Oeste de Vilamarxant sobre el barranco de Teulada, proyectado mediante vigas prefabricadas tipo artesa de un solo vano es la solución más adecuada y claramente ventajosa frente a una alternativa de dos vanos con pila central, que presenta serios inconvenientes.

Además esta solución cumple la normativa vigente, siendo que la disposición de un apoyo en el DPH no, salvo que el organismo de cuenca aplicará una excepcionalidad no previsible.

Por último, hay que indicar que la colocación un manto de escollera obligaría a tareas de mantenimiento lo que supone por parte de la Generalitat Valenciana y de sus ingenieros la asunción de la consiguiente responsabilidad para la conservación de la infraestructura.

Valencia, 10 de enero de 2020

EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR:



Pascual ABAD MORENO

Profesor Asociado de Ingeniería Fluvial del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia

APÉNDICE 2:
ESTRUCTURA DE PASO SOBRE LE BARRANCO DE TEULADA. CÁLCULOS DE SOCAVACIÓN.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.

2.- EMPLAZAMIENTO DEL TRAMO DE ESTUDIO.

3.- CAUDALES DE CÁLCULO.

4.- CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN.

4.1.- SOCAVACIÓN GENERAL.

4.2.- SOCAVACIÓN LOCALIZADA EN LA PILA.

4.3.- SOCAVACIÓN TOTAL.

1.- INTRODUCCIÓN.

En este Apéndice se realizan los cálculos de la socavación asociada a la estructura de paso sobre el barranco de Teulada del PROYECTO BÁSICO DE LA RONDA OESTE DE VILAMARXANT.

Ante la posibilidad de una pila central, se calcula la socavación generalizada y localizada en las pilas con el propósito de determinar la magnitud de dicha socavación que llevará asociada una protección de la estructura, en consecuencia.

El trazado de la nueva carretera proyectada se ha planteado de forma que cruza el cauce del barranco de Teulada aproximadamente en el P.K. 0+880, lo que lleva a plantear una obra de drenaje transversal consistente en un puente sobre el barranco. De partida, la solución más apropiada para la estructura es hacerla sobre el cauce evitando cualquier apoyo en el mismo, sin embargo, se hace el cálculo de la socavación con una posible pila central para tener referencia de cuantificada de su magnitud.

2.- EMPLAZAMIENTO DEL TRAMO DE ESTUDIO.

Como se ha indicado, la obra de paso se localiza en el P.K. 0+880 de la ronda oeste de Vilamarxant sobre el barranco de Teulada, que confluye al río Turia por margen derecha.

En la imagen siguiente se muestra la ubicación de la obra.

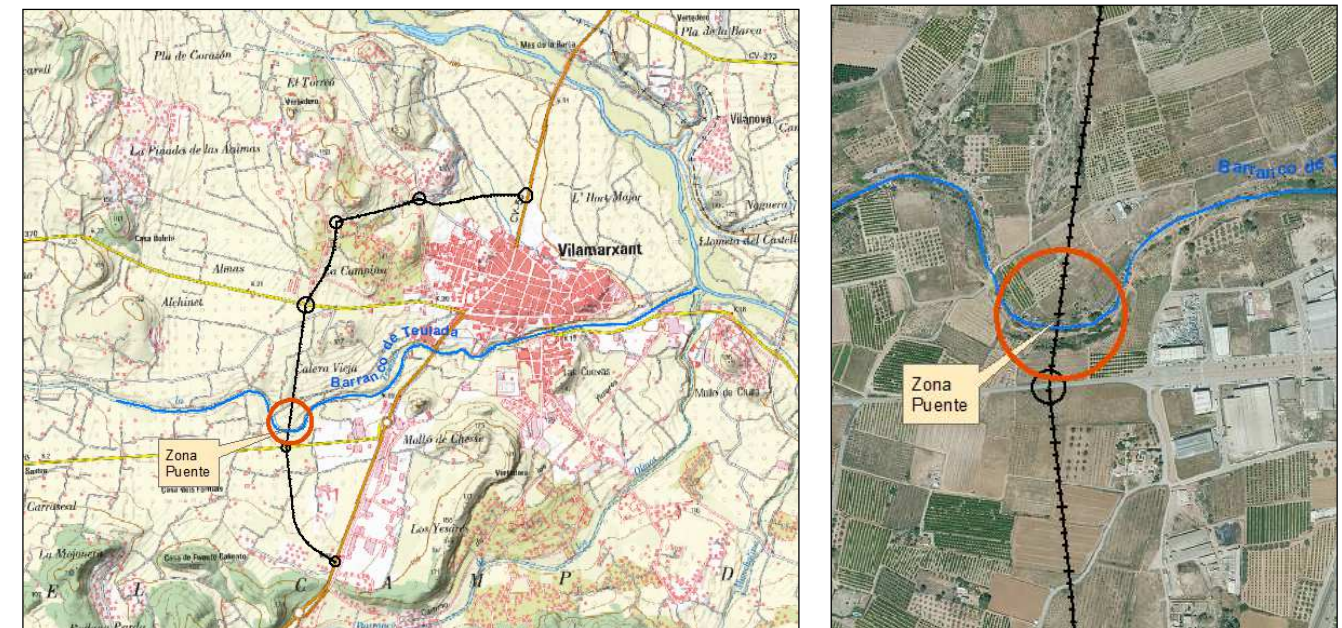


Figura 1.- Ubicación puente ronda oeste de Vilamarxant en cruce con barranco de Teulada.

3.- CAUDALES DE CÁLCULO.

La **Norma 5.2. I.C. drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras** establece en su apartado 4.3.3. Erosión en los apoyos, que los proyectos deben de estimar la profundidad de erosión de pilas y estribos para la **avenida de periodo de retorno de 500 años**, lo que se tendrá en cuenta para la definición de las cimentaciones, **disposición de protecciones y otras medidas.**

En el Anejo N° 10 Hidrología y drenaje, se realizan los cálculos hidrológicos que justifican los caudales de cálculo de las obras de drenaje proyectadas.

T (años)	Q (m³/s)
500	297.73

4.- CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN.

4.1.- SOCAVACIÓN GENERAL.

Se utiliza la fórmula de régimen de Blench:

$$y_{se} = K \cdot y_r - y_0$$

$$y_r = \alpha \cdot \left(\frac{q}{\sqrt{g}}\right)^{2/3} = \alpha \cdot y_c$$



Donde:

y_{se} = socavación máxima esperada

y_r = calado de régimen

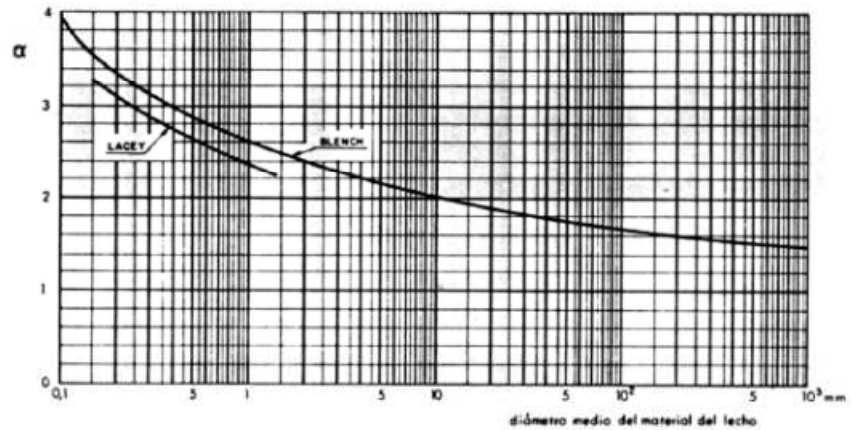
y_c = calado crítico

y_0 = calado

K = factor mayorante del calado de régimen

Geometría del cauce	K
Tramo recto	1.25
Codo moderado	1.50
Codo acusado	1.75
Codo abrupto	2.00

α = factor adimensional función de la granulometría del material del lecho.



El cálculo de la socavación general en la sección del puente es el siguiente, habiendo obtenido los valores de calado a partir de la simulación hidráulica realizada con Hec Ras que se incluye en el anejo n° 11.

SOCAVACIÓN GENERAL DE LECHO. ECUACIÓN DE RÉGIMEN DE BLENCH.			
K ₁	Factor mayorante según forma cauce		1.75
Dm	Diámetro medio del material del lecho (mm)		1.00
a	Factor función del tamaño de lecho		2.60
y _c	Calado crítico (m)		1.83
y _r	Calado de régimen (m)		4.76
y	Calado medio (m)		1.64
e _g	Socavación general lecho (m)		6.69

4.2.- SOCAVACIÓN LOCALIZADA EN LA PILA.

La pila sería cilíndrica de 1.80 m de diámetro.

Se utiliza la metodología del profesor Témez que se recoge en la publicación "*Control de la erosión fluvial en puentes*".

Para una pila rectangular:

$$\frac{y}{b_*} = K \cdot 1.5 \cdot \left(\frac{y_0}{b_*}\right)^3 \cdot \frac{\left(\frac{y_0}{b_*}\right)^3 + 0.5}{\left(\frac{y_0}{b_*}\right)^3 + 1}$$

K para pila circular = 1

y₀ = calado aguas arriba de la pila

b = anchura de pila

SOCAVACIÓN LOCAL EN PILAS (Laursen mod. Témez)			
K _p	Coeficiente de forma de la pila	CIRCULAR	0.90
K _b	Coeficiente de mayoración anchura		1.20
b	Ancho de pila (m)		1.80
α	Angulo de esviaje entre la pila y la corriente (°)		0.00
L	Longitud de pila (m)		1.80
b*	Ancho proyectado de la pila (m)		1.80
K _b *b*	Ancho de pila de cálculo (m)		2.16
y	Calado medio (m)		1.64
y/b*	Relación adimensional		0.76
e	Socavación local en pilas (m)		2.61

4.3.- SOCAVACIÓN TOTAL.

Socavación total = 6.69 + 2.61 = 9.30 m.