

Sección 11. PUENTES

11.1 Generalidades

Las estructuras deberán ser proyectadas en hormigón armado o precomprimido y se tendrán especialmente en cuenta las condiciones de durabilidad, siendo de aplicación el Capítulo VII “Durabilidad” de la norma española vigente (Instrucción de Hormigón Estructural)

En caso que en las Especificaciones Particulares se autorice el empleo de estructuras mixtas, se admitirán siempre que la parte metálica sea construida con aceros resistentes a la corrosión atmosférica y se demuestre fehacientemente y solo juicio del Contratante, que no se requerirá el empleo de pinturas protectoras. A efectos del diseño y control podrán emplearse las “Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras” del MOPU español, el Eurocódigo 4 o las especificaciones de la AASHTO.

Salvo especificación en contrario en las Especificaciones Particulares, la altura libre para el pasaje de vehículos a la que hace referencia el Art. D-3 y el Art. D-7 (para el caso de cruce de carreteras) de la Sección X del PV será de 5,50 m.

11.2. Bases de cálculo

11.2.1. Criterios de comprobación

La comprobación de la estructura se planteará de acuerdo a la teoría de estados límites, diferenciados en estados límites de servicio y estados límites últimos. Se considerarán los siguientes:

Estados límites de servicio (ELS)

- *ELS de fisuración que afecte la durabilidad o estética del puente.*
- *ELS de deformación que afecte a la apariencia o funcionalidad de la obra, o que cause daño a elementos no estructurales.*
- *ELS de vibraciones que no sean aceptables para los usuarios del puente o que puedan afectar a su funcionalidad o provocar daños en elementos no estructurales.*
- *ELS de plastificaciones en zonas localizadas de la estructura que puedan provocar daños o deformaciones irreversibles.*
- *ELS de deslizamiento en uniones mediante tornillos de alta resistencia.*

Estados límites últimos (ELU)

- *ELU de equilibrio, por pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido.*
- *ELU de rotura, por agotamiento resistente o deformación plástica excesiva.*
- *ELU de inestabilidad o pandeo, local o general, de una parte o del conjunto de la estructura.*
- *ELU de fatiga, relacionado con los daños que pueda sufrir una estructura o cualquiera de sus elementos como consecuencia de sollicitaciones variables repetidas.*
- *ELU de deslizamiento entre materiales que trabajen solidariamente debido a la adherencia entre ellos, o a sistemas de conexión.*
- *ELU de anclaje, caracterizado por fallo de un anclaje.*

Para cada estado límite se deberá verificar la condición que corresponda de las que a continuación se indican:

$$E_d \leq C_d$$
$$S_d \leq R_d,$$

siendo:

- Ed, Sd* = valores de cálculo del efecto y la sollicitación, respectivamente, obtenidos de aplicar al modelo estructural las acciones con sus valores de cálculo, definidos en la cláusula 11.2.5 de estas especificaciones combinadas de acuerdo a lo establecido en la cláusula 11.2.6 .
- Cd* = valor límite del efecto de las acciones admisibles para la estructura o el elemento.
- Rd* = resistencia de cálculo de la estructura o del elemento para el estado considerado.

11.2.2. Acciones

Se utilizará el PV con las siguientes modificaciones a la Sección X - Capítulo D:

- a) Art. D-5-2-1 El vehículo a considerar de cuarenta y cinco (45) toneladas de peso total, ocupa una superficie de tres (3) metros de ancho y seis (6) metros de largo, consta de tres (3) ejes iguales de quince (15) toneladas cada uno separados un metro y medio (1,50) y con la misma separación del borde de la superficie ocupada. Cada rueda de siete y medio (7,5) toneladas de carga, apoya en un ancho de cincuenta (50) centímetros, en sentido transversal y veinte (20) centímetros en sentido longitudinal, la distancia entre los centros de rueda de cada eje es de dos (2) metros.
- b) Art. D-5-6 Esfuerzo longitudinal por aceleración o frenado donde dice "siete mil (7.000) kilogramos" debe decir "trece mil (13.000) kilogramos".
- c) Se complementa el Art. D-5-2-3 estableciendo que las veredas no protegidas deberán diseñarse para soportar una rueda del vehículo tipo (7.500 kg). Esta carga no se superpondrá con las otras cargas de diseño de la vereda.
La absorción de esta carga debe ser verificada en la propia vereda y en los elementos estructurales que la soportan en forma inmediata.
- d) Art. D-5-2-4 Carga sobre cordones donde dice "seis mil (6.000) kilogramos" debe decir "siete mil quinientos (7.500) kilogramos".
- e) Se complementa el Art. D-5-2-5 estableciendo que las barandas que puedan ser chocadas en forma directa deberán diseñarse para soportar una fuerza de 5 ton a la altura de la cara superior, paralela o normal a la calzada. La carga concentrada puede ser tomada como distribuida en una longitud horizontal de 0,5 m. Esta carga no se superpondrá con las otras cargas de diseño de la baranda.
La absorción de esta fuerza de impacto debe ser verificada en la propia baranda y en los elementos estructurales que la soportan en forma inmediata.
- f) Para puentes limitados a la circulación de peatones y bicicletas, sobre la superficie transitable se considerará una carga uniformemente distribuida de 500 kg/m², colocada en la posición más desfavorable para el cálculo de cada elemento, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal.
No se considerarán las cargas indicadas en los Art. D-5-2-3, D-5-2-4, D-5-6, ni la multiplicación de las cargas por el coeficiente de impacto (Art. D-5-2-2). En el Art. D-5-5 para la situación de puente cargado, la altura de la banda de carga peatonal deberá suponerse de 1,80 m.
- g) En la verificación de la estabilidad al vuelco, deberá considerarse el tren de cargas indicado en las especificaciones técnicas, superponiendo viento, frenado, temperatura, etc., en las condiciones más desfavorables.
Dicha verificación debe realizarse para cada base.
- h) Siempre que las columnas, pilares de pórticos, vigas invertidas, barras extremas de vigas de reticulado o cualquier otro elemento estructural no se encuentren protegidos por su ubicación o por medidas especiales contra posibles choques de vehículos se deberá suponer una carga fija horizontal

equivalente de 100 ton ubicada a 1,2 m de altura y paralela al eje de la calzada o bien de 50 ton perpendicular a dicha dirección. Para el cálculo se supondrá el valor más desfavorable.

Si los ejes principales de la sección de la columna son oblicuos respecto a la dirección del tránsito, por simplicidad de cálculo se podrá suponer la carga actuando en dirección de dichos ejes, pero admitiendo 100 ton en cada dirección.

Estas cargas de diseño se considerarán como accidentales

- i) *Tren de cargas para fatiga.
Para el fenómeno de fatiga producido por el tráfico se adoptará el vehículo de 36 t indicado en el Art. D-5-2.1 del PV sin impacto.
No será necesario considerar cargas de faja.*
- j) *En los pórticos estribos no se admitirá la colaboración del terreno por delante de los pilares.*

11.2.3. Valores característicos de las acciones

Se considerarán como característicos los valores de las acciones indicadas en el Art. D-5 de la Sección X del PV con las modificaciones de la cláusula 11.2.2..

11.2.4. Valores representativos de las acciones

Para la verificación de los estados límites se tomarán valores representativos de las acciones, que coincidirán con el valor característico para las acciones permanentes (G_k), las permanentes de valor no constante (G_k^ : reológicas, de pretensado y debidas al terreno) y las accidentales (A_k).*

Para las acciones variables (por sobrecargas móviles, impacto, frenado, fuerza centrífuga, viento, temperatura, agua). Se considerará el valor característico (Q_k), el valor frecuente ($\psi_1 Q_k$) y el valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$), con $\psi_1=0,50$ y $\psi_2=0,20$.

11.2.5. Valores de cálculo de las acciones

Los valores de cálculo de las diferentes acciones serán los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad, γ_F , a los valores representativos de las acciones definidos en la cláusula 11.2.4..

11.2.5.1. Estados límite últimos

Para los coeficientes parciales de seguridad, γ_F , se adoptarán los valores básicos recogidos en la siguiente tabla, excepto para la acción del tren de cargas para fatiga cuyos valores, al depender del material, se tomarán de las normas de materiales correspondientes.

Tipo de acción	Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (1)	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$
Permanente de valor no constante	Pretensado	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$
	Reológica	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,0$
	Acción del terreno	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,50$	$\gamma_G=1,0$
Variable	$\gamma_Q=0,0$	$\gamma_Q=1,50$	$\gamma_Q=0,0$	$\gamma_Q=1,0$
Accidental	-	-	$\gamma_A=1,0$	$\gamma_A=1,0$

(1) Los coeficientes $\gamma_G=1,0$ y $\gamma_G=1,35$ se aplicarán a la totalidad de la acción según su efecto sea favorable o desfavorable.

Cuando el comportamiento de la estructura pueda ser muy sensible a variaciones de las acciones permanentes de una a otra zona de la estructura, las partes favorables y desfavorables de la misma acción deberán ser consideradas como acciones separadas, aplicándose unos coeficientes γ_G distintos y específicos para cada una de ellas. Los valores de estos coeficientes serán:

- Para la parte favorable de la acción $\gamma_{G1}=0,90$
- Para la parte desfavorable de la acción $\gamma_{G2}=1,10$

Se considerará en el cálculo el resultado más desfavorable de los obtenidos aplicando los dos criterios aquí definidos.

No obstante, los anteriores valores podrán reemplazarse por:

$$\gamma_{G1}=0,95 \text{ y } \gamma_{G2}=1,05$$

si se disponen sistemas de control adecuados que permiten conocer, durante la ejecución de la obra, el valor real del desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos y cada uno de los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación y utilización de la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias

11.2.5.2. Estados límite de servicio

Para los coeficientes parciales de seguridad γ_F , se tomarán los valores recogidos en la siguiente tabla

Tipo de acción		Situaciones persistentes y transitorias	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$
Permanente de valor no constante	Pretensado	$\gamma_G=0,9$	$\gamma_G=1,1$
	Reológica	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$
	Acción del terreno	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_G=1,0$
Variable		$\gamma_Q=0,0$	$\gamma_Q=1,0$

11.2.6. Combinación de acciones

11.2.6.1. Estados límite últimos

Situaciones persistentes o transitorias (salvo fatiga)

$$\sum_i \gamma_{Gi} G_{ki} + \sum_i \gamma_{Gi}^* G_{ki}^* + \sum_i \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Situaciones accidentales

$$\sum_i \gamma_{Gi} G_{ki} + \sum_i \gamma_{Gi}^* G_{ki}^* + \gamma_{Q1} \psi_{11} Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \psi_{1i} Q_{ki} + \gamma_A A_K$$

donde $\psi_{11} Q_{k1}$ = valor frecuente de la acción variable dominante.

11.2.6.2. Estados límite de servicio

Para estos estados se considerarán únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

Combinación característica (poco probable o rara)

$$\sum_i \gamma_{Gi} G_{ki} + \sum_i \gamma_{Gi}^* G_{ki}^* + \sum_i \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Combinación frecuente

$$\sum_i \gamma_{Gi} G_{ki} + \sum_i \gamma_{Gi}^* G_{ki}^* + \sum_i \gamma_{Qi} \psi_{1i} Q_{ki}$$

Combinación casi permanente

$$\sum_i \gamma_{Gi} G_{ki} + \sum_i \gamma_{Gi}^* G_{ki}^* + \sum_i \gamma_{Qi} \psi_{2i} Q_{ki}$$

11.3. Terraplenes de acceso a puentes

11.3.1. Cementado del terraplén

El terraplén correspondiente a las losas de acceso, cuartos de cono y taludes frontales bajo el puente, en un espesor de 1 m será construido con tosca u otro suelo seleccionado mezclado con cemento portland en la proporción de 100 kg de cemento por metro cúbico de material compactado. La compactación se regirá por las especificaciones establecidas en el proyecto de terraplenes.

Con los cuartos de cono se realizará la transición entre los taludes frontales bajo el puente (H/V mayor o igual a 1) y los taludes laterales (H/V mayor o igual a 1,5).

Se considera que el coeficiente de aporte del terraplén cementado es el mismo aplicado para el movimiento de tierra. El metraje y pago se incluye en el rubro "Excavación no clasificada", siendo objeto de pago por separado el cemento requerido que se pagará según el rubro "Cemento portland para terraplén cementado", y en el mismo se incluyen todas las operaciones y materiales no incluidos en el rubro "Excavación no clasificada" y necesarios para la ejecución del terraplén cementado. En las partes próximas a la estructura, se utilizarán pisones manuales que aseguren una compactación sin riesgos de daños a los elementos estructurales.

11.3.2. Revestimiento de los terraplenes de acceso al puente

Los taludes y banquetas de la zona cementada y los taludes de la zona de transición en una longitud no inferior a 9,00 m y hasta una altura de medio metro por encima de la MCC serán revestidos con bloques de piedra rejuntada o con losetas de hormigón clase VII. Este revestimiento se ejecutará de acuerdo a lo indicado en la lámina tipo N° 134 E. Podrá también ser ejecutado mediante una losa de hormigón de 15 cm de espesor hecha in situ en la cual se marcarán juntas falsas horizontales y según la dirección de las generatrices del talud de 0,5 cm de ancho y 3 cm de profundidad. Irá armado con una malla de hierro de 6 mm de diámetro separados 30 cm u otra equivalente. Las juntas horizontales irán distanciadas 40 cm medidos a lo largo del talud y las otras tendrán una separación máxima de 60 cm medidos horizontalmente. Con el revestimiento, en cada acceso se construirá una escalera que permita acceder a la base del terraplén. Todos los revestimientos serán fundados sobre un muro de hormigón ciclópeo de dimensiones indicadas en el proyecto.

En el caso de pasajes superiores no será necesario el revestimiento en la zona de transición.

11.3.3. Fundación de revestimiento de taludes

En los taludes que por indicación del proyecto o por orden de la Inspección, sea necesario efectuar revestimientos, los mismos serán fundados en un muro de hormigón ciclópeo de 0,60 m de ancho y de la altura indicada en el proyecto. A estos efectos se modifica el Art. F-6 de la Sección III del PV, pudiendo reducirse hasta 5 cm la separación a que se refiere el Art. F-6-1-4. El volumen de piedra inmersa no será superior al 50% del volumen total del muro. El pago de estos trabajos se realizará de acuerdo al precio unitario establecido para el rubro "Hormigón ciclópeo para fundación de revestimiento".

11.3.4. Losas de acceso

*En cada terraplén de acceso se colocará una losa de transición que apoyará en uno de sus bordes en la estructura del puente.
Dicha losa tendrá una luz no inferior a 5,50 m y un ancho no inferior al de la calzada del puente.
En caso de estribos con muro en vuelta la losa de acceso se desarrollará en la zona de terraplén no confinado.*

11.4. Fundaciones

11.4.1. Terreno de fundación

Las estructuras sólo podrán ser fundadas en terreno natural no removido. Las hipótesis adoptadas en el cálculo respecto a las características de los terrenos de fundación deberán ser verificadas mediante ensayos cuyo costo será de cuenta del Contratista.

11.4.2. Cota de fundación

En el caso de las fundaciones directas, se aclara el Art. G-13-3 de la Sección III del PV estableciendo que, sea por el proyecto de la variante o por el básico del Contratante, y de tener que profundizarse las fundaciones más allá de lo previsto, los porcentajes de aumento de precio de la excavación se aplicarán solamente por debajo de la cota más baja prevista para cada puente. En caso de variante se interpretarán como cotas de fundación previstas, las del proyecto básico y las de la variante aceptada. A tales efectos, en su propuesta el Contratista indicará cuál es la incidencia de la excavación dentro del rubro "Hormigón para fundaciones de puentes". Dicha incidencia deberá ser fijada con un valor menor o igual al 40% del precio unitario propuesto. En el caso de fundaciones por pilotes, los mismos deberán tener una penetración en el suelo de 8 m como mínimo.

11.4.3. Ensayo de integridad de pilotes (ensayo sónico de integridad)

A efectos de determinar las condiciones de integridad de los pilotes se ensayará la totalidad de los mismos mediante ensayo sónico. El Contratista coordinará con el Laboratorio de Control de Calidad de Fundaciones (LCCF) de la Facultad de Ingeniería la realización de estos ensayos. Serán de cargo del Contratista los costos que originen los ensayos de integridad los que se considerarán incluidos en los rubros de pilotaje.

Cuando se detecten pilotes defectuosos y se recomiende su excavación, la misma deberá realizarse en presencia de personal de LCCF y de la Inspección, con registro fotográfico.

Además del cumplimiento de las condiciones establecidas en el Art. G-9 de la Sección III del PV, la presentación a la Inspección del informe del LCCF en que conste que los pilotes son de aceptación del punto de vista de su integridad, será condición previa para el pago de los mismos.

11.4.4. Precauciones en el hincado de pilotes

Luego de hincado un pilote, no se efectuará otra hinca en un radio menor a 4 m antes de las 90 horas.

11.4.5. Ejecución de fundaciones

A los efectos de ser utilizado en el estudio de impacto ambiental, cada oferente deberá incluir en forma detallada en su Memoria Constructiva, el procedimiento a utilizar en la ejecución de las fundaciones, en especial cuando sea necesario construir ataguías u otras obras que afecten el cauce.

En tales casos se indicará:

- Tipo de material a utilizar y lugar en que se le depositaría al finalizar esas obras.
- Volumen, dimensiones, cota estimada.
- Duración de las afectaciones al cauce.

11.5. Parapetos metálicos de protección

Se dispondrán parapetos metálicos de protección en la zona de terraplenes de altura mayor a 3 m y como mínimo en una longitud no inferior a la existente y de al menos 40m de cada lado y a ambos lados de la calzada (160 m), salvo indicación contraria en las especificaciones particulares o en planos.

11.6. Juntas de dilatación de tablero

Salvo indicación en contrario en las especificaciones particulares, las juntas a utilizar por el oferente serán de neopreno (policloropropeno) o de silicona y deberán respaldarse con bordes (labios poliméricos) de refuerzo del sobrepiso a ambos lados de las mismas y en todo el ancho de calzada. También se admitirán perfiles ángulo de protección de borde en los casos de sobrepiso de hormigón debidamente anclados a la estructura.

Estos bordes serán el apoyo lateral para la colocación de la silicona o el neopreno.

Tanto la junta como el polímero deberán cumplir con las normas ASTM y NBR que se detallan a continuación u otras equivalentes reconocidas internacionalmente y con las recomendaciones específicas del fabricante. Se deberán presentar fotocopias de los certificados expedidos por institutos de reconocida idoneidad que acrediten el cumplimiento de dichas normas.

En el cordón y vereda también se colocarán juntas del tipo de las usadas en la calzada, no requiriéndose bordes de protección.

11.6.1. Juntas de neopreno

Propiedad física	Norma	Comportamiento
Dureza Shore "A"	NBR 7318	55 ±5
Resistencia a tracción (min)	NBR 7462	120 kg/cm ²
Alargamiento rotura (min)	NBR 7462	350%
Resistencia ozono (100h/1ppm/40°C)	NBR 8360	Ind. ret. calidad mín. 100%

11.6.2. Juntas de silicona

Propiedad física	Norma	Comportamiento
Alargamiento rotura (min)	ASTM D3583 ^{3,1}	600%
Módulo resistente en el 100%	ASMT D3583 ^{3,1}	3 – 12 (psi)
Contenido no volátil	CTM 0208 ²	93%

1 Tamaño de junta = ½" x ½" x 2"

2 CTM = Corporate Test Method

3 Sección 14 modificada

11.6.3. Bordes poliméricos

Propiedad	Norma	Comportamiento
Resistencia a la compresión (min)	ASTM D695 ¹	250 kg/cm ²

1 A las 24 horas, curado y ensayo a 20°C

11.6.4. Perfiles angulares

Los perfiles angulares deberán ser de 0,8 cm de espesor y de 5 cm de ancho de ala como mínimo, rectificando localmente en caso de interferencia con la losa de tablero. El proyecto de conexión de los perfiles con la losa deberá ser aprobado por la Inspección y en caso de conectores discretos su separación no será mayor de 25 cm.

Se deberá tener especial cuidado en la limpieza de los perfiles antes de colocar la imprimación que requiera el sellante que se coloque, ya sea neopreno o silicona, así como con el buen llenado y vibrado del hormigón por debajo de los perfiles.

11.7. Apoyos de neopreno

Los apoyos de neopreno incorporados a la obra cumplirán las exigencias establecidas en la parte II del Anexo a la Sección III del PV. Estos apoyos deberán estar provistos de una marca característica, fácil de identificar y deberán ser suministrados acompañados del correspondiente certificado de calidad que cumpla con las exigencias del Pliego. La unión neopreno - acero será vulcanizada. En lo referente a las chapas de acero deberán ser de acero inoxidable, salvo que a juicio de la Inspección el tipo de apoyo suministrado asegure una eficaz protección contra la oxidación.

11.7.1. Cambio de apoyos de neopreno

Se incluirán en el proyecto los elementos necesarios para permitir el cambio de apoyos mediante gatos de modo que dicha operación pueda realizarse sin tener