

1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta Instrucción tiene por objeto la determinación de las acciones, los coeficientes de ponderación y las combinaciones de acciones que deben tenerse en cuenta en el proyecto de puentes y otras estructuras de la red de carreteras del Estado (RCE). Además, se incluyen algunos criterios funcionales que deben cumplir los puentes, con independencia de los materiales que los constituyen.

En el concepto *puentes de la RCE*, se consideran incluidas las obras de paso que soportan cualquier tipo de vía definida como de competencia estatal en la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras y el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras. Su función será, por tanto, salvar una discontinuidad en un trazado para permitir el paso del tráfico rodado formado por vehículos convencionales del parque automovilístico que circula por dicha red.

También será de aplicación esta Instrucción al proyecto de estructuras asimilables a los puentes (tales como falsos túneles, pontones o tajeas), a pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento, como son las escaleras, rampas de acceso y muros.

Asimismo, esta Instrucción podrá aplicarse en las comprobaciones correspondientes a la evaluación, ampliación o refuerzo de puentes existentes, con las especificaciones complementarias, o modificaciones de las prescripciones aquí recogidas, que la Dirección General de Carreteras establezca específicamente para cada caso.

Para el proyecto de puentes de uso mixto, que además de la carretera soporten por ejemplo tráfico ferroviario, se considerarán las acciones correspondientes a cada uso, de forma independiente o combinada, según resulte más desfavorable. En estos casos, se someterán siempre a la aprobación de la Dirección General de Carreteras, las acciones, coeficientes y combinaciones que el proyectista considere oportuno aplicar.

El cumplimiento de esta Instrucción será condición necesaria para autorizar el paso de otras carreteras sobre las vías de la red de carreteras del Estado.

Esta Instrucción se aplicará de forma complementaria con el resto de la normativa vigente que tenga en su ámbito de aplicación los puentes y sus materiales constituyentes.

2 PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO

2.1 REQUISITOS FUNDAMENTALES

Esta Instrucción se ha redactado teniendo en cuenta los requisitos fundamentales siguientes:

- Una estructura debe ser proyectada y construida para que, con una probabilidad razonable, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan solicitarla durante su construcción y uso, en el periodo de vida previsto, y de cumplir la función para la que ha sido construida con unos costes de conservación aceptables.
- Una estructura debe también ser concebida de manera que las consecuencias de acciones excepcionales, como sismos o impactos, no produzcan daños desproporcionados con la causa que los ha originado (requisito de robustez).

Para alcanzar los niveles de seguridad adoptados en esta Instrucción, además de las prescripciones en ella establecidas, deberán cumplirse los principios siguientes:

- los puentes serán proyectados por ingenieros con capacidad y experiencia suficiente
- la construcción será realizada por técnicos y operarios con los conocimientos y la experiencia necesarios
- los materiales y productos utilizados cumplirán las prescripciones establecidas en los correspondientes reglamentos técnicos o, en su defecto, normas
- existirán controles de calidad adecuados durante todo el proceso de proyecto y ejecución de la estructura
- la estructura estará destinada al uso para el que haya sido proyectada y construida
- la estructura será conservada adecuadamente

2.2 VIDA ÚTIL

Se entiende por *vida útil* de una estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que fue construida, contando siempre con la conservación adecuada pero sin requerir operaciones significativas de rehabilitación. Para los puentes de carretera objeto de esta Instrucción, se establece una vida útil de proyecto de cien (100) años.

2.3 CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

Las comprobaciones estructurales estarán basadas en la teoría de los estados límite y su verificación mediante el método de los coeficientes parciales de seguridad. En cada *situación de proyecto*, se comprobará que no se supera ninguno de los *estados límite* que proceda.

2.3.1 SITUACIONES DE PROYECTO

Una *situación de proyecto* de una estructura es un conjunto de condiciones físicas que representan las circunstancias reales que pueden presentarse durante un cierto intervalo de tiempo para el cual en el proyecto se va a comprobar que no se superan los estados límite pertinentes. Se considera que, durante ese intervalo de tiempo, los factores que afectan a la seguridad estructural no varían.

Cada una de las situaciones posibles, y entre ellas especialmente las que se producen durante la construcción de la obra proyectada, deben ser objeto de comprobaciones independientes.

Las situaciones consideradas en esta Instrucción son:

- *Situaciones persistentes*, que corresponden a las condiciones de uso normales de la estructura durante su vida útil.
- *Situaciones transitorias*, que se producen cuando las condiciones de uso o estado de la estructura son temporales como, por ejemplo, durante su construcción o reparación, y para las que se considerará el correspondiente periodo de duración. A falta de estudios más detallados se podrá aceptar como tal un año.
- *Situaciones accidentales*, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura como, por ejemplo, las provocadas por un impacto o por el fallo de algún elemento. Se considerarán instantáneas (salvo que dicho fallo pueda permanecer sin ser detectado).
- *Situaciones sísmicas*, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento sísmico. La situación sísmica se distingue del resto de situaciones accidentales debido a que en ella se establecen diferentes niveles de la magnitud de la acción en función de los requisitos de seguridad o de servicio.

2.3.2 ESTADOS LÍMITE

Se definen como *estados límite* aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos de proyecto.

A efectos de aplicación de esta Instrucción, los estados límite se clasifican en estados límite últimos y estados límite de servicio.

2.3.2.1 Estados límite últimos (ELU)

Son aquellos tales que, si se sobrepasan, se produce el agotamiento o colapso de la estructura o de una parte de ella. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- *ELU de equilibrio* (EQU), por pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido. Se caracteriza por que pequeñas variaciones en el valor o en la distribución espacial de acciones con un mismo origen resultan significativas y por que la resistencia de los materiales estructurales o del terreno no son en general determinantes.
- *ELU de rotura* (STR), por agotamiento resistente o deformación plástica excesiva, donde la resistencia de los materiales estructurales es determinante.
- *ELU de fatiga* (FAT), relacionado con los daños que pueda sufrir una estructura o cualquiera de sus elementos como consecuencia de sollicitaciones variables repetidas.

Los estados límite últimos de tipo geotécnico, cuya ocurrencia está controlada principalmente por las características del terreno, tales como socavación de cimientos, inestabilidad global o hundimiento por falta de capacidad de soporte del terreno, entre otros, no son objeto de esta Instrucción. Sin embargo, la verificación de los ELU de rotura de algunos elementos estructurales llevará aparejada la inclusión de determinadas consideraciones de tipo geotécnico.

2.3.2.2 Estados límite de servicio (ELS)

Son aquellos tales que, si se sobrepasan, la estructura dejará de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad, o de aspecto, sin que ello suponga el colapso de la misma. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- *ELS de fisuración* que afecte a 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

Los estados límite de servicio se pueden clasificar en *reversibles* e *irreversibles*. Los primeros son aquéllos que dejan de ser superados cuando desaparece la acción que los provoca. Los estados límite de servicio irreversibles son aquéllos que, una vez superados, se mantienen de forma permanente, incluso si se elimina la acción que los ha provocado.

2.3.3 VERIFICACIONES

2.3.3.1 Verificaciones en ELU

Para verificar el *ELU de equilibrio*, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

siendo:

$E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stab}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Para verificar el resto de los ELU, salvo el de fatiga, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq R_d$$

siendo:

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente

La verificación del *ELU de fatiga* se efectuará de acuerdo con los criterios recogidos en la normativa específica de cada material estructural.

El valor de cálculo del efecto de las acciones, se obtendrá de acuerdo con lo indicado en el *capítulo 6*.

2.3.3.2 Verificaciones en ELS

Para verificar los ELS, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq C_d$$

siendo:

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones obtenido de acuerdo con lo indicado en el *capítulo 6*

C_d valor límite del efecto de las acciones para el ELS considerado

2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones se pueden clasificar atendiendo a:

- a) Su naturaleza:
 - *Acción directa*: fuerza aplicada sobre la estructura (peso propio, sobrecargas de uso, etc.).
 - *Acción indirecta*: una deformación o una aceleración impuesta a la estructura (acciones reológicas, térmicas, sísmicas, asientos, etc.).
- b) Su variación en el tiempo:
 - *Acciones permanentes de valor constante* o, abreviadamente, *acciones permanentes (G)*: son las que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, para una situación de proyecto determinada (peso propio de la estructura, del pavimento y de los elementos funcionales, etc.).
 - *Acciones permanentes de valor no constante (G^s)*: son las que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante.

En este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación sea función del tiempo transcurrido y se produzca en un único sentido, tendiendo hacia un determinado valor límite (acciones reológicas, pretensado, asientos del terreno bajo las cimentaciones, etc.).

También se incluyen otras acciones originadas por el terreno cuya magnitud no varía en función del tiempo, sino de la interacción terreno-estructura (por ejemplo, empujes sobre elementos verticales).

- *Acciones variables (Q)*: son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no, y, si lo hacen, pueden tener diferentes valores (sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.).
 - *Acciones accidentales (A)*: son acciones de corta duración cuya probabilidad de actuación durante la vida útil de la estructura es pequeña, pero cuyos efectos pueden ser considerables (impactos de vehículos, sismos, avenidas de periodo de retorno importante, etc.).
- c) Su variación espacial:
- *Acciones fijas*: son las que se aplican siempre en la misma posición (por ejemplo el peso propio de los elementos estructurales y de algunos elementos funcionales).
 - *Acciones libres*: son las que pueden actuar en diferentes posiciones (por ejemplo las sobrecargas de uso).
- d) La respuesta estructural que producen:
- *Acciones estáticas o casi estáticas*: son las que no provocan oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.
 - *Acciones dinámicas*: son las que pueden originar oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.

A efectos de aplicación de esta Instrucción, se adopta la clasificación de las acciones atendiendo a su variación en el tiempo. De acuerdo con esta clasificación, en los *capítulos 3 a 5*, se establecen los valores de las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, que se tomarán como valores característicos. En casos especiales, y previa justificación expresa, la Dirección General de Carreteras podrá autorizar valores distintos a los aquí recogidos.

El valor característico de una acción, que es su principal valor representativo (ver *capítulo 6*), puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal (definido por medio de criterios determinísticos o apriorísticos) o, en los casos en que se fije mediante criterios estadísticos, por el correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un periodo de referencia teniendo en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la situación de proyecto.

3 ACCIONES PERMANENTES

3.1 ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G)

Las cargas permanentes son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. A efectos de aplicación de esta Instrucción se clasifican en peso propio y cargas muertas.

Su valor característico se deducirá de las dimensiones de los elementos especificados en los planos, y de los pesos específicos correspondientes.

Salvo justificación expresa, se tomarán para los materiales de construcción más usuales los siguientes pesos específicos:

Tabla 3.1-a Pesos específicos de diversos materiales [kN/m³]

Fundición	72,5
Acero	78,5
Aluminio	27,0
Madera seca	6,0 a 9,0
Madera húmeda	10,5
Hormigón en masa	23,0 a 24,0
Hormigón armado y pretensado	25,0
Elementos de basalto, pórfidos y ofitas	31,0