

BS 5400: 2.ª Parte: 1978

Norma Británica

PUENTES DE ACERO, HORMIGON Y MIXTOS

Parte 2. Especificación para cargas

Primera Parte

560-27

**Adaptación de Leonardo Fernández Troyano,
Ingeniero de Caminos**

1. AMBITO

1.1. Documentos comprendidos en la presente norma británica

Deberá interpretarse la presente especificación conjuntamente con las demás partes de la norma británica BS 5400 que tratan del diseño, materiales y mano de obra de los puentes de acero, hormigón y mixtos.

1.2. Cargas y factores que se especifican en esta parte de la norma BS 5400

Esta parte de la norma BS 5400 especifica las cargas nominales y su aplicación, así como los factores parciales, γ_{FL} , que deban utilizarse para determinar las cargas de diseño. Las cargas y combinación de cargas que se especifican son para puentes de carreteras, ferrocarriles y pasarelas para peatones y bicicletas en el Reino Unido. En los casos en que sean aplicables varias reglamentaciones de carga, pueden ser precisas algunas modificaciones.

1.3. Viento y temperatura

Los efectos del viento y de las temperaturas corresponden a las condiciones que prevalecen en el Reino Unido e Irlanda. En el caso de aplicación de los requisitos de esta parte de la norma BA 5400 fuera de dicha zona, deberán adoptarse los datos locales pertinentes.

2. REFERENCIAS

Los títulos de las publicaciones de normas a las que se refiere esta parte de la norma BS 5400 están detallados en la contraportada interior (Remitirse a la versión inglesa).

3. PRINCIPIOS, DEFINICIONES Y SIMBOLOS

3.1. Principios *

La parte 1 de esta norma establece los principios relativos a cargas, estados límites, factores de carga, etc.

3.2. Definiciones

Se aplican las definiciones siguientes a los efectos de esta parte de la norma BS 5400.

3.2.1. Cargas

Las fuerzas externas aplicadas a la estructura y las deformaciones impuestas tales como las causadas por la coacción al movimiento debido a cambios en las temperaturas.

3.2.1.1. *Efectos de la carga.* Las tensiones resultantes en la estructura derivadas como respuesta a la carga (tal como se define en 3.2.1).

* Conviene destacar la diferencia de principio entre esta norma británica y su predecesora la BS 153.

3.2.2. *Peso propio*

El peso de los materiales y piezas de la estructura que sean elementos estructurales, excluyendo sin embargo los materiales superpuestos tales como el revestimiento de las carreteras, vías de ferrocarril, parapetos, redes de distribución, conductos, mobiliario vario, etc.

3.2.3. *Carga muerta*

El peso de todos los materiales que cargan sobre la estructura y que no sean elementos estructurales.

3.2.4. *Cargas móviles*

Cargas debidas al tráfico de peatones o de vehículos.

3.2.4.1. *Cargas móviles principales.* Cargas móviles verticales, consideradas cargas estáticas, debidas directamente al tráfico masivo.

3.2.4.2. *Cargas móviles secundarias.* Cargas móviles debidas a cambios de velocidad o de dirección en el tráfico de vehículos, tales como saltos de coche, movimientos de lazo, fuerza centrífuga, cargas longitudinales, patinazos y choques.

3.2.5. *Zonas y efectos favorables y desfavorables*

Allí, donde un elemento o estructura tenga una línea de influencia que incluya tanto partes positivas como negativas, en lo que respecta a efectos de carga que sean positivos, las zonas positivas de la línea de influencia serán llamadas zonas desfavorables y sus efectos desfavorables; las zonas negativas de la línea de influencia son llamadas zonas favorables y sus efectos, favorables. Por contra, en lo que respecta a los efectos de carga que sean negativos, las zonas negativas de la línea de influencia serán llamadas zonas desfavorables y sus efectos desfavorables; las zonas positivas de la línea de influencia serán llamadas zonas favorables y sus efectos favorables.

3.2.6. *Efectos totales*

La suma algebraica de los efectos favorables y desfavorables.

NOTA: Allí donde se tengan en cuenta elementos de una zona positiva de la línea de influencia, los efectos totales pueden ser negativos, en cuyo caso el valor positivo equivalente, será el efecto menos negativo, y allí donde se tengan en cuenta los efectos totales de efectos negativos, aquéllos pueden resultar positivos, en cuyo caso el valor negativo equivalente será el efecto menos positivo. En cualquiera de los casos, también se tendrá en cuenta el efecto total máximo negativo o positivo.

3.2.7. *Dispersión*

El reparto de la carga a través de la superficie, terraplén, etc.

3.2.8. *Distribución*

El reparto de la carga entre elementos directamente cargados y otros elementos no directamente cargados como consecuencia de la rigidez de los elementos de conexión que intervengan, como por ejemplo diafragmas entre vigas o los efectos de distribución de una carga sobre la rueda, sobre un ancho de placa o losa.

3.2.9. Carriles y vías de carretera

3.2.9.1. *Vía.* La parte de la superficie de circulación que incluye todos los carriles de tráfico, andenes laterales, separadores y marcas. *El ancho de la vía es el ancho entre bordillos de acera.* Caso de no haber bordillos, es el ancho entre *vallas de seguridad*, menos el espacio de ocupación de estas vallas, siendo éste no inferior a 0,6 m ni superior a 1 m por el lado de tráfico de cada una de las vallas.

3.2.9.2. *Carriles de tráfico.* Los carriles que están marcados en la superficie de circulación del puente y que se usan normalmente para el tráfico.

3.2.9.3. *Carriles teóricos.* Las partes teóricas de la vía utilizadas únicamente para los efectos de la aplicación de las cargas móviles.

3.2.9.3.1. *Anchos de vía de 4,6 m o más.* Los carriles teóricos deben de considerarse como no inferiores a 2,3 m ni superiores a 3,8 m de ancho. La vía deberá dividirse en el menor número entero posible de carriles teóricos que tengan anchos iguales como sigue:

Ancho de vía, m	Número de carriles teóricos
4,6 hasta 7,6 inclusive	2
superior a 7,6 hasta 11,4 inclusive	3
superior a 11,4 hasta 15,2 inclusive	4
superior a 15,2 hasta 19 inclusive	5
superior a 19 hasta 22,8 inclusive	6

3.2.9.3.2. *Anchos de vías inferiores a 4,6 m.* La vía será considerada como teniendo un número de carriles teóricos:

$$= \frac{\text{ancho de vía (en metros)}}{3}$$

Allí donde el número de carriles no sea un número entero, la carga en la parte fraccional del carril se tomará a prorrateo de la carga en un carril.

3.2.9.3.3. *Estructuras de doble vía.* Allí donde una doble vía se encuentre sobre una superestructura, el número de carriles teóricos en el puente será considerado como la suma del número de carriles teóricos en cada una de las vías individuales, tal como se especifica en 3.2.9.3.1.

3.2.10. Componentes del puente

3.2.10.1. *Superestructura.* En un puente, aquella parte de la estructura que esté soportada por las pilas y los estribos.

3.2.10.2. *Subestructura.* En un puente, las paredes laterales y las pilas, torres y estribos que soportan a la superestructura.

3.2.10.3. *Cimientos.* La parte de la subestructura en contacto directo con el suelo al que transmite la carga.

3.3. Símbolos

Se utilizan los siguientes símbolos en esta parte de la norma BS 5400:

a	aceleración vertical máxima,
A_0	área efectiva en planta del apoyo elastomérico,
A_1	área sólida proyectada normalmente en alzado,
A_2	véase 5.3.4.6,
A_3	área en planta utilizada para determinar la carga vertical del viento,
b	ancho utilizado para determinar la carga del viento,
c	espaciado de vigas de alma llena utilizada para determinar el coeficiente de empuje horizontal,
C_d	coeficiente de empuje horizontal,
C_L	coeficiente de empuje vertical,
d	altura utilizada para determinar la carga del viento,
d_1	altura de tablero,
d_2	altura de tablero más pretil compacto,
d_3	altura del tablero más carga móvil,
d_L	altura de la carga móvil,
f	factor utilizado para determinar la carga centrífuga en los raíles del ferrocarril,
f_0	primera frecuencia natural de vibración,
F	carga pulsante puntual,
F_c	fuerza centrífuga,
G	módulo de elasticidad transversal,
k	una constante utilizada para determinar la carga móvil principal en los puentes peatonales de bicicletas,
K	factor de configuración,
K_1	coeficiente del viento correspondiente al periodo de retorno,
K_2	factor de velocidad horaria del viento,
l	luz principal,
l_1	longitud de las luces exteriores de una superestructura de tres luces,
L	longitud cargada,
P	carga equivalente uniformemente distribuida,
P_1	carga del viento longitudinal nominal,
P_t	carga del viento transversal nominal,
P_v	carga del viento vertical nominal,
q	presión dinámica fundamental,
r	radio de curvatura,
S_1	factor de aireación,
S_2	factor de ráfagas,
t	espesor de pila,
t'	espesor total del elastómero rígido a cortante,
v	velocidad horaria media del viento,
v_c	velocidad máxima de ráfaga de viento,
v'_c	velocidad mínima de ráfaga de viento,
v_t	velocidad de tráfico en carretera o ferrocarril,
W	carga por metro de carril,
γ_s	flecha estática,
γ_{t1} γ_{t2}	véase la parte 1 de esta Norma,
γ_{t3}	véase 4.1.3 y parte 1 de esta Norma,
γ_{tL}	factor de carga parcial ($\gamma_{t1} \times \gamma_{t2}$),
δ	decremento logarítmico de disminución de la vibración,
δ_1	desplazamiento máximo del apoyo,
n	coeficiente de protección,
u	coeficiente de fricción,
ψ	factor de respuesta dinámica,
N	número de ejes (véase apéndice D),
T	tiempo en segundos (véase C.3).

4. CARGAS: DATOS GENERALES

4.1. Cargas y factores especificados

4.1.1. Cargas nominales

Allí donde se disponga de distribuciones estadísticas adecuadas, las cargas nominales son aquéllas adecuadas para un período de retorno de 120 años. Si no se dispone de dichos datos estadísticos, se dan los valores de carga nominal que se consideran para un período de retorno aproximado de 120 años.

4.1.2. Cargas de diseño

Las cargas nominales deberán multiplicarse por el valor apropiado de γ_{FL} para determinar la carga de diseño a utilizar en el cálculo de momentos, cortantes, cargas totales y otros efectos para cada uno de los estados límites estudiados. Se dan los valores de γ_{FL} en cada cláusula correspondiente así como en la tabla 1.

4.1.3. Factor adicional γ_{F3}

Los momentos, cortantes, cargas totales y otros efectos de la carga de diseño deberán igualmente multiplicarse por γ_{F3} en algunas circunstancias (véase 4.3.2. de la parte 1 de esta Norma).

Los valores γ_{F3} se dan en las partes 3, 4 y 5 de esta Norma.

4.1.4. Cargas de fatiga

Las cargas de fatiga a estudiar para los puentes de carreteras y ferrocarriles, junto con los valores apropiados de γ_{FL} se dan en la parte 10 de esta Norma.

4.1.5. Flechas y giros

Para los efectos del cálculo de las flechas y giros se adoptarán las cargas nominales (es decir que se tomará a γ_{FL} como unidad).

4.2. Cargas a considerar

Las cargas a considerar en diversas combinaciones de carga, junto con los valores especificados γ_{FL} , están señaladas en las cláusulas apropiadas y resumidas en la tabla 1.

4.3. Clasificación de cargas

Las cargas aplicadas a una estructura son consideradas ya permanentes, ya transitorias.

4.3.1. Cargas permanentes

Para los efectos de esta Norma, los pesos propios, cargas muertas y cargas debidas al material de relleno serán consideradas como cargas permanentes.

TABLA 1
Cargas a tomarse en cada combinación γ_{fl} apropiado

ULS: estado límite último
SLS: estado límite de servicio

NUMERO DE LA CLAUSULA	CARGA	ESTADO LIMITE	γ_{fl} a tener en cuenta en la combinación				
			1	2	3	4	5
5.1	PESO PROPIO: Acero	ULS* SLS	1.05 1.00	1.05 1.00	1.05 1.00	1.05 1.00	1.05 1.00
	Hormigón	ULS* SLS	1.15 1.00	1.15 1.00	1.15 1.00	1.15 1.00	1.15 1.00
5.2	CARGA MUERTA	ULS† SLS†	1.75 1.20	1.75 1.20	1.75 1.20	1.75 1.20	1.75 1.20
5.1.2.2 & 5.2.2.2	Factor de carga reducido para peso propio y carga muerta cuando esto tenga el efecto total más desfavorble	ULS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.3	VIENTO: durante la construcción	ULS SLS		1.10 1.00			
	con peso propio más carga muerta únicamente, y para elementos que sean los principales en resistir las cargas del viento	ULS SLS		1.40 1.00			
	con peso propio más carga muerta más otras de la combinación 2 apropiadas efecto favorable del viento	ULS SLS		1.10 1.00			
	efecto favorable del viento	ULS SLS		1.00 1.00			
5.4	TEMPERATURA: coacción debida a la gama	ULS SLS			1.30 1.00		
	coacción de rozamiento de apoyos	ULS SLS					1.30 1.00
	temperatura diferencial	ULS SLS			1.00 0.80		
5.6	ASIENTO DIFERENCIAL	ULS } SLS }	debe determinarse y acordarse entre el técnico y la autoridad competente				
5.8	PRESION DE LA TIERRA: relleno confinado y/o sobrecarga móvil	ULS SLS	1.50 1.00	1.50 1.00	1.50 1.00	1.50 1.00	1.50 1.00
	efecto favorable	ULS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.9	CONSTRUCCION: cargas temporales	ULS		1.15	1.15		
6.2	CARGA MOVIL DE PUENTES DE CARRETERA: HA solamente	ULS SLS	1.50 1.20	1.25 1.00	1.25 1.00		
6.3	HA con HB ó HB solamente	ULS SLS	1.30 1.10	1.10 1.00	1.10 1.00		
6.5	CARGA CENTRIFUGA Y CARGA MOVIL PRINCIPAL ASOCIADA	ULS SLS				1.50 1.00	
6.6	CARGA LONGITUDINAL: HA y carga móvil principal asociada	ULS SLS				1.25 1.00	
	HB y carga móvil principal asociada	ULS SLS				1.10 1.00	
6.7	CARGA DE DESLIZAMIENTO ACCIDENTAL Y CARGA MOVIL PRINCIPAL ASOCIADA	ULS SLS				1.25 1.00	
6.8	CARGA DE COLISION DE VEHICULO CON LOS PARAPETOS DEL PUENTE Y CARGA MOVIL PRINCIPAL ASOCIADA	ULS SLS				1.25 1.00	
6.9	CARGA DE COLISION DE VEHICULO CON SOPORTES DE PUENTE†	ULS SLS				1.25 1.00	
7	PUENTES DE VIA PEATONAL Y DE BICICLETAS: carga móvil y carga del parapeto	ULS SLS	1.50 1.00	1.25 1.00	1.25 1.00	1.25 1.00	
8	PUENTES PARA FERROCARRIL: tipo RU y RL de sobrecarga móvil principal y secundaria	ULS SLS	1.40 1.10	1.20 1.00	1.20 1.00		

* γ_{fl} se incrementará hasta, como mínimo, 1,10 y 1,20 para acero y hormigón respectivamente, con objeto de compensar las inexactitudes cuando no se determinen los pesos propios con precisión.

+ γ_{fl} puede reducirse a 1,2 y 1 para el ULS y SLS respectivamente sujeto a la aprobación de la autoridad competente (véase 5.2.2.1).

☆ Esta es la única carga móvil secundaria que debe tenerse en cuenta para los puentes con vías peatonales y de bicicletas.

NOTA: Para cargas producidas por fluencia y retracción, o por soldadura y falta de ajuste, véanse epígrafes 3, 4 y 5 de esta Norma, según proceda.

4.3.1.1. *Efectos de carga no debidos a la acción externa.* Las cargas que se deriven de la naturaleza del material estructural, su fabricación o las circunstancias de su fabricación son contempladas en las partes correspondientes de esta Norma. Allí donde se presenten, serán consideradas cargas permanentes.

4.3.1.2. *Asiento.* El efecto del asiento diferencial de los soportes deberá considerarse como carga permanente cuando haya motivos para pensar que tendrá lugar y no se han tomado medidas especiales para remediar su efecto.

4.3.2. *Cargas transitorias*

Para los efectos de esta Norma, todas las cargas que no sean permanentes se considerarán transitorias.

El efecto máximo de ciertas cargas transitorias no coexiste con los efectos máximos de algunas otras. Los efectos mayorados que puedan coexistir se especifican en las cláusulas correspondientes.

4.4. **Combinaciones de cargas**

Se especifican tres combinaciones principales y dos secundarias de carga: valores de γ_{fl} para cada carga y para cada combinación que se considere están contempladas en las cláusulas correspondientes y se resumen asimismo en la tabla 1.

4.4.1. *Combinación 1*

Para puentes de carretera y puentes para peatones y bicicletas, las cargas a estudiar son las cargas permanentes, junto con las cargas móviles principales adecuadas y para los puentes de ferrocarril, las cargas permanentes junto con las cargas pertinentes principales y secundarias.

4.4.2. *Combinación 2*

Para todos los puentes, las cargas a considerar son las de la combinación 1, junto con las debidas al viento y allí donde se considera el proceso constructivo y las cargas temporales de construcción.

4.4.3. *Combinación 3*

Para todos los puentes, las cargas a considerar son las cargas de la combinación 1, junto con las que se presenten por la coacción de la temperatura y temperatura diferencial y allí donde se considere el proceso constructivo y las cargas temporales de construcción.

4.4.4. *Combinación 4*

La combinación 4 no se aplica a los puentes de ferrocarril, excepto en lo relativo a la colisión de vehículos sobre los soportes del puente. Para los puentes de carretera las cargas a considerar son las cargas permanentes y las cargas móviles secundarias, junto con las cargas móviles primarias apropiadas que los acompañen. Las cargas móviles secundarias deberán estudiarse por separado y no precisan combinarse. Cada una será tomada con su carga primaria móvil asociada adecuada.

Para puentes con vías peatonales y para bicicletas, la única carga móvil secundaria a considerar es la carga por colisión de vehículos sobre los soportes del puente (véase 6.9).

4.4.5. *Combinación 5*

Para todos los puentes, las cargas a considerar son las cargas permanentes, junto con las cargas debidas a la fricción en los apoyos *

4.5. **Aplicación de cargas**

Cada elemento y estructura deberá examinarse bajo los efectos de las cargas que puedan coexistir en cada combinación **

4.5.1. *Selección para causar el efecto más desfavorable ****

Las cargas de diseño deberán seleccionarse y aplicarse de modo tal que el efecto más desfavorable total sea causado en el elemento o estructura a examinar.

4.5.2. *Supresión de la carga muerta*

Se examinará la posibilidad de que el hecho de quitar la carga muerta de la parte de la estructura pueda disminuir el efecto favorable de la misma. Al hacerlo de ese modo, los efectos desfavorables de la carga móvil en los elementos de la estructura bajo examen pueden modificarse hasta el punto que la supresión de la carga muerta lo justifique.

4.5.3. *Carga móvil*

La carga móvil no se considerará que actúa sobre las zonas favorables, excepto en el caso de viento sobre la carga móvil cuando la presencia de tráfico ligero sea necesaria para generar la carga de viento (véase 5.3.8).

4.5.4. *Viento en las zonas favorables*

Las cargas de diseño debido al viento en las zonas favorables se modificarán según 5.3.2.2 y 5.3.2.4.

4.6. **Vuelco**

La estabilidad de la estructura y sus partes contra el vuelco será estudiada para el estado límite último.

* Cuando un elemento deba resistir las cargas debidas a la coacción de la temperatura a lo largo de la estructura y a las cargas inducidas por la coacción de rozamiento de los apoyos debida al mismo efecto, se considerará la suma de ambos efectos.

** Un ejemplo es el anclaje del estribo de una estructura continua donde el movimiento por la temperatura se absorbe mediante flexión de las pilas en algunos tramos y mediante apoyos de rodillo en otros.

*** Se espera que la experiencia al utilizar esta norma permita a los usuarios identificar aquellos casos de carga y combinaciones (como en el caso de BS 153) que gobiernen a las disposiciones de diseño y son solamente esos casos de carga y combinaciones que precisan establecerse para su uso en la práctica.

4.6.1. *Momento estabilizador*

El momento estabilizador mínimo debido a las cargas nominales sin mayorar será mayor que el momento mayor de vuelco, debido a las cargas de diseño (es decir, γ_{fL} para el estado límite último por los efectos de las cargas nominales).

4.6.2. *Supresión de cargas*

Los requisitos especificados en 4.5.2 relacionados con la posible supresión de carga muerta también se tomarán en cuenta al considerar el vuelco.

4.7. **Presiones en los cimientos, deslizamientos en los cimientos, cargas en los pilares, etc.**

En el diseño de los cimientos, el peso propio (véase 5.1), la carga muerta (véase 5.2) y las cargas debidas al material de relleno (véase 5.8.1) serán consideradas cargas permanentes y las cargas móviles y las cargas del viento serán consideradas cargas transitorias, excepto en algunas circunstancias tales como en un puente con una línea de ferrocarril principal al exterior de un terminal muy concurrido, donde pueda resultar necesario estimar una porción de la carga móvil como permanente.

El diseño de los cimientos deberá basarse en los principios contemplados en CP 2004.

4.7.1. *Las cargas de diseño a considerar con CP 2004*

CP 2004 * no ha sido redactado sobre la base de los estados límites, por lo tanto sería conveniente adoptar las cargas nominales especificadas en todas las cláusulas correspondientes de esta norma como cargas de diseño (tomando $\gamma_{fL} = 1,0$ y $\gamma_{f3} = 1,0$) para los efectos del diseño de cimientos de conformidad con CP 2004.

(continúa)

* En curso de ser revisado.