

Factores de carga y factores de reducción de la resistencia alternativos

ACTUALIZACIÓN PARA EL CÓDIGO 2002

El nuevo Apéndice B contiene versiones revisadas de los factores de carga y reducción de la resistencia que estuvieron en el Capítulo 9 durante muchos años. Estos factores fueron revisados para actualizar algunos de los factores y ponerlos a tono con los requisitos de diseño más recientes.

C1 REQUISITOS GENERALES

La sección 9.1.3 permite utilizar las combinaciones de factores de carga y factores de reducción de la resistencia del Apéndice C para el diseño de elementos de hormigón estructural. Debido a que se podría pensar que un apéndice no forma oficialmente parte de un documento legal a menos que su adopción se especifique explícitamente, el cuerpo principal del código contiene esta referencia específica que convierte al Apéndice C en una parte legal del código.

Los factores de carga y reducción de la resistencia del nuevo Apéndice C han evolucionado desde principios de la década del 60, momento en el cual el método de diseño por resistencia fue introducido por primera vez en el código. A continuación explicaremos por qué algunos de los factores son diferentes a los del Código 1999. En cualquier caso estos conjuntos de factores aún se consideran confiables para diseñar elementos de hormigón estructural.

Es importante destacar que se debe utilizar un conjunto consistente de factores de carga y reducción de la resistencia. No está permitido utilizar los factores de carga del Capítulo 9 conjuntamente con los factores de reducción de la resistencia del Apéndice C.

C2 RESISTENCIA REQUERIDA

En general,

$$\text{Resistencia de diseño} \geq \text{Resistencia Requerida}$$

o bien

$$\text{Factor de reducción de la resistencia} \times \text{Resistencia nominal} \geq \text{Factor de carga} \times \text{Solicitud de servicio}$$

El capítulo 5 de esta publicación contiene una discusión exhaustiva de la filosofía en la cual se basa el método de diseño por resistencia, incluyendo los motivos por los cuales se requieren los factores de carga y reducción de la resistencia.

La sección C2 indica factores de carga específicos para combinaciones de cargas específicas. La Tabla 33-1 contiene una lista de estas combinaciones. El valor numérico del factor de carga asignado a cada tipo de carga depende del grado de precisión con el cual habitualmente se puede evaluar dicha carga, la variación que se anticipa para la carga durante la vida útil de la estructura, y la probabilidad de la ocurrencia simultánea de los diferentes tipos de carga. Por este motivo a las cargas permanentes, que en general se pueden determinar con mayor precisión y son menos variables, se les asigna un factor de carga menor (1,4) que a las sobrecargas (1,7). Además, a las cargas debidas al peso y a la presión de líquidos con densidades bien definidas y alturas máximas controladas se les asigna un factor de carga reducido (1,4), ya que para estas cargas la probabilidad de sobrecarga es menor (ver C2.4). Al empuje lateral del suelo y la presión del agua subterránea se les asigna un factor de carga más elevado (1,7) porque su magnitud y ocurrencia son altamente impredecibles. Observar que, aunque se incluyen las combinaciones de cargas más habituales, no se debe asumir que estas son las únicas posibles.

Tabla 33-1 – Resistencia requerida para diferentes combinaciones de cargas

Sección del Código	Cargas [†]	Resistencia requerida	Ec. No.
C.2.1	Carga permanente (D) y sobrecarga (L)	$U = 1,4D + 1,7L$	C-1
C.2.2	Carga permanente, Sobrecarga y Viento (W) ^{††}	(i) $U = 1,4D + 1,7L$ (ii) $U = 0,75 (1,4D + 1,7L + 1,6W)$ (iii) $U = 0,9D + 1,6W$	C-1 C-2 C-3
C.2.2	Carga permanente, Sobrecarga y Sismo (E) ^{††}	(i) $U = 1,4D + 1,7L$ (ii) $U = 0,75 (1,4D + 1,7L + 1,0E)$ (iii) $U = 0,9D + 1,0E$	C-1 C-2 C-3
C.2.3	Carga permanente, Sobrecarga y Empuje lateral del suelo (H)*	(i) $U = 1,4D + 1,7L$ (ii) $U = 1,4D + 1,7L + 1,7H$ (iii) $U = 0,9D + 1,7H$ cuando D o L reduce H	C-1 C-4
C.2.4	Carga permanente, Sobrecarga y Presión de fluidos (F)**	(i) $U = 1,4D + 1,7L$ (ii) $U = 1,4D + 1,7L + 1,4F$ (iii) $U = 0,9D + 1,4F$ cuando D o L reduce F	C-1
C.2.5	Impacto (I)***	Si es necesario considerar cargas de impacto, en todas las ecuaciones anteriores reemplazar L por (L+I).	
C.2.6	Carga permanente, Sobrecarga y Efectos del asentamiento diferencial, fluencia lenta, contracción, expansión del hormigón compensador de la contracción o temperatura (T)	(i) $U = 1,4D + 1,7L$ (ii) $U = 0,75 (1,4D + 1,4T + 1,7L)$ (iii) $U = 1,4 (D + T)$	C-1 C-5 C-6

[†] D, L, W, E, H, F y T representan las cargas de servicio o sus solicitaciones, es decir momentos, esfuerzos de corte, esfuerzos axiales, torsión, etc. Nota: E es un esfuerzo sísmico de nivel de servicio.

^{††} Si la carga de viento W no se reduce aplicando un factor de direccionalidad, está permitido utilizar 1,3W en vez de 1,6W en las Ecuaciones (C-2) y (C-3). Si la carga sísmica E se basa en esfuerzos sísmicos de nivel de servicio, en las Ecuaciones (C-2) y (C-3) se debe utilizar 1,4E en vez de 1,0E.

* Empuje lateral del suelo y del agua presente en el suelo. (La presión del agua subterránea se debe considerar como parte del empuje lateral del suelo con un factor de carga de 1,7.)

** Peso y presión debida a los fluidos de líquidos con densidades bien definidas y alturas máximas controladas.

*** Se requiere considerar el impacto para el diseño de estructuras para estacionamiento de vehículos, muelles de carga, pisos de estructuras de almacenamiento, tubos de ascensores, etc.

Los factores de carga para las cargas sísmicas y de viento son diferentes de los del Capítulo 9 del Código 1999. Como las ecuaciones correspondientes a carga de viento de ASCE 7-98 y del IBC 2000 incluyen un factor de direccionalidad del viento (0,85 para los edificios), en las combinaciones de carga que incluyen la acción del viento se incrementó el factor de carga correspondiente ($1,3/0,85 = 1,53$; este valor se redondeó a 1,6). El código permite utilizar el factor de carga para viento anterior (1,3) si la carga de viento de diseño se calcula sin incluir el factor de direccionalidad del viento.

Los códigos modelo más recientes y el IBC 2000 especifican esfuerzos sísmicos de nivel de resistencia; por lo tanto, el factor de carga para esfuerzos sísmicos se redujo a 1,0. El código exige utilizar el factor de carga anterior (1,4) si se utilizan esfuerzos sísmicos de nivel de servicio tomados de ediciones anteriores de los códigos modelos o de otros documentos.

C3 RESISTENCIA DE DISEÑO

Como se dijo anteriormente, la resistencia de diseño de un elemento es la resistencia nominal del elemento, determinada de acuerdo con los requisitos del código, multiplicada por el factor de reducción de la resistencia, ϕ , adecuado. En el Capítulo 5 de esta publicación y en RC.3 se explica porqué se utilizan los factores de reducción de la resistencia.

La Tabla 33-2 presenta los factores ϕ indicados en C3, los cuales son diferentes a los del Capítulo 9 del Código 1999. Antes del Código 2002 los factores ϕ se daban en términos del tipo de solicitación, para elementos solicitados a carga axial, flexión, o combinaciones de carga axial y flexión. Ahora, para estos casos, el factor ϕ se determina en base a las condiciones de deformación en una sección transversal a la resistencia nominal. La Figura RC3.2 ilustra la variación de ϕ en función de la deformación específica neta de tracción, ϵ_t , tanto para armadura de acero Grado 60 como para acero de pretensado. Los Requisitos de Diseño Unificados se describen detalladamente en los Capítulos 5 y 6 de esta publicación. Como se mencionó anteriormente, los factores ϕ dados en C3 son consistentes con los factores de carga dados en C2.

Tabla 33-2 – Factores de reducción de la resistencia ϕ para el Método de Diseño por Resistencia

Secciones controladas por tracción	0,90
Secciones controladas por compresión	
Elementos con armadura en espiral (zunchos) de acuerdo con 10.9.3	0,75
Elementos con otros tipos de armadura	0,70
Corte y torsión	0,85
Aplastamiento del hormigón (excepto las zonas de anclaje postesadas y los modelos de bielas y tirantes)	0,70
Zonas de anclaje postesadas	0,85
Modelos de bielas y tirantes (Apéndice A)	0,85