

Principales cambios del Código Sísmico 2010

La Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica preparó un resumen con los cambios de mayor importancia que se generaron entre la versión del CSCR 2002 y el CSCR 2010. La lista de modificaciones se presenta a continuación por capítulo.

Capítulo 1

- Se prohíbe la construcción de sistemas estructurales frágiles.

Capítulo 2

- En la Zona Norte, se aumenta la cantidad de distritos clasificados como zona sísmica III.
- El Pacífico Central pasa de ser zona III a zona IV.

De zona II a zona III	De zona III a zona IV
Sarapiquí (Alajuela)	Chires (Puriscal)
Río Cuarto (Grecia)	San Juan de Mata y Carara (Turubares)
Quesada, Florencia, Buenavista, Aguas Zarcas, Venecia, La Fortuna, La Palmera (San Carlos)	San Isidro de El General, Daniel Flores, Platanares, Pejibaye, Barú (Pérez Zeledón)
La Virgen, Las Horquetas (Sarapiquí)	Chira (Puntarenas)
Guápiles, Jiménez (Pococí)	Boruca, Pilas, Colinas, Chánguena (Buenos Aires)
Florida, Germania, Cairo, Alegría (Siquirres)	Cortés, Palmar, Bahía Ballena (Osa)
Guácimo, Mercedes, Pocora, Río Jiménez (Guácimo)	Aguabuena (Coto Brus)

- Se incluyen parámetros geotécnicos para cada tipo de sitio de emplazamiento.
- Definición de sismos fuertes:
 - CSCR 2002: periodo de retorno de 500 años.
 - CSCR 2010: periodo de retorno de 475 años.
- Definición de sismos extremos:
 - CSCR 2002: aceleración pico efectiva de diseño es 50% mayor que la de los sismos fuertes.
 - CSCR 2010: aceleración pico efectiva de diseño es 25% mayor que la de los sismos fuertes.

Capítulo 3

- Introduce el factor incremental para proteger elementos frágiles.
- Se indica que debe considerarse la componente vertical del sismo cuando su efecto sea significativo en la respuesta de la edificación o de algún elemento, componente o unión y afecte el diseño.

Capítulo 4

- Introduce el factor I_p para el diseño de elementos no estructurales.
- Factor I_p para edificaciones A y B cambia de 1.50 a 1.25.
- Permite ductilidad local moderada en edificaciones esenciales si se demuestra que la estructura es capaz de desarrollar la ductilidad global requerida.
- Cambian los parámetros para considerar una edificación como regular en altura.
- Elementos, componentes y uniones de ductilidad local óptima:
 - CSCR 2002: resisten deformaciones cíclicas correspondientes a desplazamientos relativos de entrepiso de 0.025 o más de la altura del piso sin que su capacidad se reduzca a menos del 80% de su capacidad máxima.
 - CSCR 2010: resisten deformaciones cíclicas correspondientes a desplazamientos relativos de entrepiso de 0.030 o más de la altura del piso sin que su capacidad se reduzca a menos del 80% de su capacidad máxima.
- Varían las ductilidades globales asignadas de algunos sistemas estructurales.
- Dos nuevas secciones:
 - Aspectos de irregularidad para determinar el tipo de análisis
 - Diafragmas

Capítulo 5

- Factor de sobrerresistencia para métodos alternos de análisis:
 - CSCR 2002: $SR=1.2$
 - CSCR 2010: $SR=1.0$

Capítulo 6

- Introduce el factor de reducción de carga temporal f_R y las condiciones bajo las cuales puede ser usado.
- Define los valores para el factor incremental FI .

Capítulo 7

- Se eliminan algunas ecuaciones del método dinámico.
- Cambia el requerimiento de número mínimo de modos a considerar en el método dinámico.
- Establece el factor $\alpha=1.0$ para estructuras de un piso.
- Varían las derivas permisibles:

Sistema estructural	Edificaciones A y C		Edificaciones B, D y E	
	CSCR 2002	CSCR 2010	CSCR 2002	CSCR 2010
Tipo marco	0.010	0.0125	0.016	0.020
Tipo dual	0.010	0.0125	0.014	0.018
Tipo muro	0.008	0.0100	0.008	0.010
Tipo voladizo	0.010	0.0125	0.016	0.020
Tipo otros	0.005	0.0065	0.008	0.010

Además, permite aumentar las derivas en marcos industriales de ciertas características.

Capítulo 8

- Incluye momentos de inercia equivalentes para muros agrietados ($I_{eq} = 0.50 I_g$) y no agrietados ($I_{eq} = 1.00 I_g$).
- Aumenta el factor de reducción para elementos de secciones controladas por compresión con refuerzo transversal de espiral, de 0.70 a 0.75.
- Se detallan los requisitos de empalmes de barras en elementos sometidos a flexión.
- El dobléz necesario para anclar refuerzo que termina en un núcleo de unión se expresa ahora en términos del diámetro interno mínimo de doblado, en vez de radio del dobléz externo.

- Varían los requisitos de separación máxima del refuerzo transversal en elementos de ductilidad local óptima:

CSCR 2002: el menor valor de:	CSCR 2010: el menor valor de:
0.25 de la dimensión mínima	0.25 de la dimensión mínima
10 cm	Seis veces el diámetro de la barra de menor diámetro
---	s_o , según la ecuación [8-5]

- Varían los requisitos de separación máxima del refuerzo transversal en elementos de ductilidad local moderada:

CSCR 2002: el menor valor de:	CSCR 2010: el menor valor de:
8 veces el diámetro de la barra longitudinal de menor diámetro	8 veces el diámetro de la barra longitudinal de menor diámetro
24 diámetros de la barra transversal	24 diámetros de la barra transversal
0.50 de la dimensión mínima	0.50 de la dimensión mínima
---	15 cm

Además, establece que en las secciones que no requieren confinamiento especial, la separación máxima será de 0.50 de la dimensión mínima de la sección.

- Cambian los coeficientes γ para calcular la capacidad en cortante de núcleos de unión:

CSCR 2002	CSCR 2010: el menor valor de:
$\gamma = 4$ si existen elementos en flexión en las cuatro esquinas y todos ellos tienen espesores de al menos $\frac{3}{4}$ del espesor de la columna.	$\gamma = 5.3$ para nudos confinados en las cuatro caras
$\gamma = 3$ en cualquier otro caso	$\gamma = 4.0$ para nudos confinados en tres caras o dos caras opuestas
---	$\gamma = 3.2$ para otros casos

- Se define “profundidad del nudo” y “ancho efectivo del nudo” y para este último se establecen límites dimensionales.

- Se establece que los muros deben tener refuerzo para cortante en las dos direcciones ortogonales de su plano y se indica la razón de refuerzo necesaria si $h_w/l_w \leq 2$.
- Se define el ancho efectivo de las alas para muros con alas.
- Se establece que el refuerzo transversal de muros estructurales debe quedar anclado en el núcleo de los elementos de borde.
- Se especifica el espesor mínimo para sobre-losas que no formen una sección compuesta (6.5 cm).
- Se indica que el refuerzo longitudinal de los diafragmas debe anclarse en las vigas de borde y que estas deben diseñarse para soportar las cargas del diafragma.

Capítulo 9

- Permite la colocación en estiba en estructuras de hasta 2 pisos, si se usa refuerzo de 1#3 @ 2 hiladas.
- Cambio en diámetro máximo permitido del refuerzo de muros: se permitirá como máximo varilla # 9.
- Cambio en el desplazamiento máximo vertical permitido de vigas que soportan paños (menor valor entre 1/600 del claro libre u 8 mm).
- Cambio en el módulo de elasticidad de la mampostería de arcilla: pasó de $750f'_m$ a $500f'_m$.
- Cambio en los momentos de inercia equivalentes:
 - CSCR 2002: $I_{eq}=0.5I_g$
 $A_{eq} = 0.5 A_g$
 - CSCR 2010:
 - Elementos en flexocompresión: $I_{eq}=0.5I_e$
 $A_{eq} = A_e$
 - Elementos en flexión: $I_{eq} = 0.5 I_g$
 $A_{eq} = A_e$
- Cambio en el acero máximo permitido para vigas, columnas, pilares y muros de corte.

- Establece límites dimensionales para los elementos de borde concreto reforzado que trabajan con la mampostería.
- Considera efectos de esbeltez en muros con cargas paralelas a su plano.
- Cambio en el diseño en cortante de muros de corte, aumentando la contribución de la mampostería.
- Se limita a la mitad la resistencia a cortante si el acero horizontal no queda embebido en concreto.
- Se establece la necesidad de rellenar todas las celdas en las zonas de posible formación de rótulas plásticas para mampostería confinada con ductilidad local óptima y moderada.

Capítulo 10

- Este capítulo sufrió cambios mayores, basados en el borrador del ANSI/AISC 360-10 (Especificación para edificios de acero estructural) y el ANSI/AISC 341-10 (Provisiones sísmicas para edificios de acero estructural).

Se incluye un tema nuevo, sobre muros de acero.

Se incluye un nuevo anexo sobre uniones precalificadas.

Capítulo 11

Artículo	CSCR 2002	CSCR 2010
1	Requisitos generales: Referencia a IBC-2000 con LRFD y al ASCE-16-95 (Diseño LRFD para construcción con madera)	Generalidades: referencia al ANSI/AF&PA- National Design Specification for Wood Construction para LRFD - 2005
2	Clasificación estructural: 1. Marcos rígidos con madera laminada o sólida, ductilidad moderada y un piso máximo de altura. 2. Muros con ductilidad local moderada, cuatro pisos máximo, continuos.	Corresponde con el capítulo 4 del nuevo capítulo. El capítulo 2 es de factores de carga y resistencia que no aparece en el capítulo del CSCR-02.
3	Requisitos y limitaciones: no permite uso de diafragmas para transmitir fuerzas sísmicas si éstos no se diseñan específicamente para ese propósito. Algunas limitaciones para sistemas tipo muro.	Corresponde con el capítulo 5 del nuevo capítulo. El capítulo 3 es de estándares y materiales y no aparece en el capítulo del CSCR-02.

4	No se aplica	Ductilidad de sistemas sismorresistentes: se definen los sistemas sismorresistentes con su ductilidad global asignada. Además de marcos y muros se agregan arcos y galpones articulados y armaduras. Se especifica la regularidad y altura permitida.
5	No se aplica	Requerimientos de diseño especiales para sistemas tipo muro. Se definen lineamientos mínimos para los diafragmas y muros de cortante incluyendo ecuaciones para cálculo de capacidades y desplazamientos.
6	No se aplica	Conexiones: se define tres tipos de conexión: articulada, semirrígida y rígida para definir ductilidades. También se presentan algunas recomendaciones.
7	No se aplica	Control de calidad e inspección: se define la información mínima en planos, identificación y clasificación estructural y secado y preservación.

Capítulo 12

- Indica que el diseño debe realizarse conforme al ACI 318-08.
- Establece que el diseño de elementos prefabricados debe considerar todo el proceso desde la fabricación hasta la puesta en servicio. Deben especificarse las tolerancias de fabricación y montaje.
- Se indica que el postensado adherido puede usarse cuando la carga sísmica es tomada completamente por muros de corte o cuando se hace un diseño con fuerzas elásticas.
- Al usar conexiones híbridas deben considerarse las posibles incompatibilidades en las deformaciones que pueden surgir debido a altas concentraciones en las deformaciones.
- Las conexiones de tipo fuerte deben diseñarse según el apartado 21.8 del ACI 318-08 (en el CSCR-02 se pide diseñar para la carga máxima incrementada por el factor de SR).
- Se especifica que los diafragmas horizontales se deben diseñar usando el apartado 8.7.3 del código.

- Se incluye un espesor mínimo para sobre-losas que no forme una sección compuesta (6.5 cm).
- Se incluyen especificaciones de rugosidad y abertura en las juntas longitudinales de losas huecas.

Capítulo 13

- Se indica que durante un sismo, las cimentaciones deben mantener su capacidad de transmitir cargas (horizontales y verticales) y además deben permitir la disipación inelástica de energía.
- Se cambia q_u por q_n .
- Se elimina la sección de reducción de momentos en pilotes.
- Se incluyen nuevas secciones:
 - Cimentaciones profundas y distribución de fuerzas en placas sobre pilotes
 - Cimentaciones para viviendas
- En la sección de empuje sísmico sobre muros, se incluye el factor de empuje lateral, λ , así como una tabla con los valores del coeficiente dinámico horizontal, k_n , para cada tipo de sitio y zona sísmica.

Capítulo 14

- Se indica que los componentes no estructurales con un peso mayor al 25% de las cargas gravitacionales usadas para determinar las fuerzas sísmicas deben analizarse y diseñarse como parte del sistema estructural.
- En el cálculo de la fuerza total de diseño, se cambia el factor de importancia de la edificación, I , por el factor de importancia del sistema o componente, I_p .
- Se cambia la ecuación [14-2]:

- CSCR 2002:
$$F_p = \frac{X_p a_{ef} I}{R_p} \left(1 + 3 \frac{h_x}{h_r} \right) W_p$$

○ CSCR 2010:
$$F_p = \frac{X_p a_p a_{ef} I_p}{R_p} \left(1 + 2 \frac{h_x}{h_r} \right) W_p$$

- Se incluyen nuevos componentes y elementos en la tabla 14.1.

Capítulo 15

- Se indica que el factor ϕ usado para calcular la resistencia de elementos estructurales debe ser igual o menor al usado para el diseño de estructuras nuevas.
- Se incluye dentro de las edificaciones que deben rediseñarse aquellas en las que haya un cambio, inclusión o eliminación de elementos que modifiquen la capacidad o la respuesta del sistema estructural.
- Se incluye una sección de edificaciones históricas y monumentos.

Capítulo 16

- Se incluye la información mínima para planos estructurales de viviendas diseñadas según el método de diseño simplificado.
- Se indica que para viviendas en las que se utilice el diseño simplificado no es necesario presentar la memoria de cálculo pero debe documentarse el cumplimiento de los requisitos de diseño del capítulo 17.

Capítulo 17

- Se reduce el área máxima permitida para aplicar el diseño simplificado, de 250 m² a 200 m².
- Se especifica que el suelo debe tener una capacidad soportante de al menos 24 t/m².
- Establece longitud mínima para paredes completas que soporten entrepisos (0.20 m por cada m² de área de entrepiso).
- Se reduce la separación entre elementos que proveen estabilidad lateral a las paredes (de 6 m a 7 m).
- Se establece que el entrepiso de viviendas de dos pisos debe actuar como diafragma rígido y que las paredes estructurales deben distribuirse de forma que controlen el efecto de la torsión en planta.

- Se incluye la necesidad de confinar los rellenos de cimentación (mediante muros u otros elementos estructurales) cuando estos se encuentran a una distancia menor que dos veces la altura máxima del relleno de las paredes perimetrales de la casa.
- Se elimina la posibilidad de usar sistemas de construcción y materiales alternativos a los indicados en la tabla 17.1.
- Se aumenta el ancho mínimo de fundaciones para paredes de mampostería o concreto reforzado de 45 cm a 55 cm.
- Establece que las paredes de mampostería confinada que soportan entresijos deben tener un espesor mínimo de 15 cm.
- Se incluyen recomendaciones para brindar estabilidad lateral a las paredes.
- Para las vigas corona de paredes tipo emparedado, se aumenta la resistencia mínima del concreto de 175 kg/cm² a 210 kg/cm².

Anexo A

- Se limita el uso de mampostería clase C a elementos que no formen parte del sistema sismorresistente.
- Se cambia la norma para determinar la resistencia a compresión de la mampostería; se establece la INTE 06-02-18-07 en vez de la ASTM C 1314.
- Se especifica las dimensiones permitidas para paños de bloques ornamentales o de vidrio.
- El apartado de “Diseño de muros con cargas perpendiculares a su plano” se traslada al cuerpo del capítulo de mampostería.

Para más información ingrese a la página <http://www.codigosismico.or.cr/>

Contacto de prensa:

Graciela Mora, Comunicación CFIA, gmora@cfia.cr, 8358-5592, 2202-3949

Cristina Carmona, Comunicación CFIA, ccarmona@cfia.cr, 8842-6744, 2202-3900 ext. 4009

Karen Castro, Comunicación CFIA, kcastro@cfia.cr, 8316-9517, 2202-3900 ext. 4104