

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS MÍNIMAS PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO



PRÓLOGO

Como es de amplio conocimiento la NSR – 10 incluye aspectos de diseño y de construcción, pero a veces se hace difícil para el constructor encontrar los puntos importantes en medio de tantos numerales.

Las siguientes recomendaciones fueron escritas para que sirvan como fuente de consulta para el constructor. En ellas se recopilan los principales requerimientos, no solo de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, sino de otras publicaciones del ACI ampliamente utilizadas en el País sobre algunos aspectos fundamentales en la construcción.

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS MÍNIMAS PARA
ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

1. MATERIALES

1.1 CEMENTO

- 1.1.1 El cemento debe cumplir con las normas NTC 121 y NTC 321 (ASTM C150 y ASTM C 595). En el caso de cementos hidráulicos expansivos ASTM C845.
- 1.1.2 El cemento se almacenará en lugares secos (sobre teleras) y en arrumes de máximo 10 sacos. No se almacenará cemento en obra por más de 30 días.
- 1.1.3 Si por alguna razón se llegara a almacenar cemento por más tiempo en la obra será necesario efectuar mezclas de prueba para determinar la condición del cemento. No puede utilizarse en la fabricación del concreto ningún material deteriorado o contaminado.

1.2 AGREGADOS

- 1.2.1 Los agregados deben cumplir con la norma NTC 174 (ASTM C33).
- 1.2.2 Los agregados estarán limpios y libres de materia orgánica o materiales descompuestos que puedan afectar la resistencia del concreto.
- 1.2.3 El tamaño máximo del agregado no deberá exceder:
 - (a) 1/5 de la dimensión menor entre los lados de las formaletas, ni
 - (b) 1/3 de la profundidad de las losas, ni
 - (c) 3/4 del espaciamiento libre mínimo entre las barras o alambres individuales del refuerzo, paquetes de barras o los tendones o ductos de preesforzado.

1.3 AGUA

- 1.3.1 El agua utilizada en la mezcla del concreto debe ser limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan deteriorar el concreto o el refuerzo (se recomienda cumplir la norma NTC 3459).

1.4 RELACIÓN AGUA - CEMENTO (en peso)

La relación agua cemento debe ser tal que produzca una mezcla plástica y manejable con la cual se pueda garantizar un desarrollo óptimo de la resistencia del concreto. Relación recomendada para 3000 psi es de 0.50, y para 4000 psi es de 0.45

1.5 REFUERZO DE ACERO

- 1.5.1 El acero de refuerzo para barras corrugadas debe cumplir con la norma NTC 2289 (ASTM A706) y la norma NTC 161 (ASTM A615) para barras lisas.
- 1.5.2 Las mallas electrosoldadas de alambre liso deben cumplir con la norma NTC 1925 (ASTM A185), donde las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas más de 300 mm, y las de alambre corrugado deben cumplir con la norma NTC 2310 (ASTM A497), donde las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas mas de 400 mm.
- 1.5.3 El refuerzo liso sólo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral y no puede utilizarse como refuerzo longitudinal a flexión, excepto cuando conforma mallas electrosoldadas.
- 1.5.4 Previo a su colocación, el refuerzo debe limpiarse de óxidos, aceites o similares que puedan afectar su adherencia con el concreto. Es también necesario limpiar la lechada que quede en las barras de refuerzo.
- 1.5.5 El refuerzo que durante el manejo o doblamiento se agriete, dando muestras de fragilidad será rechazado.
- 1.5.6 Excepto donde se indique en los planos, no está permitido el doblamiento de barras ya embebidas en concreto.
- 1.5.7 Especial atención se debe prestar a los requisitos especiales para el acero en zonas de amenaza sísmica intermedia y zonas de amenaza sísmica alta.
- 1.5.8 El acero de refuerzo utilizado en obra deberá poseer los respectivos certificados de cumplimiento con las correspondientes normas NTC. Copia de estos certificados deben remitirse al supervisor técnico y al ingeniero calculista.

1.6 ADITIVOS

- 1.6.1 Los aditivos que vayan a utilizarse en concreto deben someterse a la aprobación previa del Ingeniero.
- 1.6.2 Los aditivos para el concreto deben cumplir con las siguientes normas:
- (a) Incorporadores de aire NTC 3502 (ASTM C260)
 - (b) Reductores de agua, Retardadores y Acelerantes NTC 1299 (ASTM C494) ó NTC 4023 (ASTM C1017)
 - (c) Cenizas volantes u otras puzolanas NTC 3493 (ASTM C618)
 - (d) Escoria molida y granulada NTC 4018 (ASTM C989)
- 1.6.3 El uso de aditivos que contengan iones de cloruro o cloruro de calcio no están permitidos.

2. CALIDAD DEL CONCRETO

- 2.1 El concreto se debe proporcionar de tal forma que se asegure su adecuada trabajabilidad, consistencia y resistencia.
- 2.2 La dosificación de los componentes del concreto, incluida la relación agua-cemento, debe obtenerse con base en datos de experiencias de obras anteriores o por medio de mezclas de prueba en el laboratorio que utilicen los materiales que se vayan a usar.
- 2.3 Por razones de seguridad y economía se debe llevar un control riguroso de cilindros durante la construcción de la obra.
- 2.4 Cuando no se cuente con registros de ensayos previos, la resistencia promedio requerida, f'_{cr} , debe determinarse de acuerdo con la siguiente tabla:

Resistencia a la compresión especificada en los planos estructurales f'_c kgf/cm ²	Resistencia a la compresión requerida de diseño f'_{cr} kgf/cm ²
Menor que 210 (3000*)	$f'_c + 70,0$ ó $(f'_c + 1000)^*$
210 a 350 (3000* a 5000*)	$f'_c + 85,0$ ó $(f'_c + 1200)^*$
Mayor que 350 (5000*)	$f'_c + 100,0$ ó $(f'_c + 1400)^*$

*Resistencia dada en psi

- 2.5 Una vez se tengan los datos disponibles en la obra es posible disminuir el valor por el cual f_{cr} debe exceder a f'_c , y de esta manera hacer la dosificación del concreto que cumpla dicho requisito.
- 2.6 La dosificación del cemento puede determinarse usando los límites de la relación agua - cemento según la tabla siguiente:

Resistencia especificada a la compresión f'_c en kgf/cm ²	Relación agua-cemento absoluta por peso
175	0.67
210	0.58
245	0.51
280	0.44
315	0.38

- 2.7 El concreto que debe ser impermeable (por ejemplo tanques) debe cumplir los siguientes requisitos:

Condiciones de exposición	Máxima relación agua-cemento
a) Expuesto a agua dulce	0.45
b) Expuesto a agua salina	0.40

3 EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL CONCRETO

- 3.1 Los cilindros para los ensayos deben tomarse, fabricarse y curarse, y ensayarse de acuerdo con las normas NTC 454, 550 y 673 respectivamente (ASTM C172, C31, C39).
- 3.2 Cada día se tomarán muestras de por lo menos dos cilindros por cada 40 m³ o dos cilindros cada 200 m² de área de losas y muros, para cada clase de concretos. Como mínimo debe tomarse una pareja de muestras de concreto de columnas por piso.

- 3.3 La resistencia a los 28 días debe ser el resultado del promedio de dos cilindros tomados de la misma mezcla, o a la edad especificada en caso que sea diferente de 28 días.
- 3.4 El concreto es aceptable si cumple simultáneamente los siguientes requisitos:
- (a) Que los promedios de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia, igualen o excedan el valor especificado para f'_c , y
 - (b) que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia (promedio de dos cilindros), sea inferior a f'_c en más de 35 kgf/cm^2 .
- 3.5 Si algún resultado de los ensayos de cilindros da 35 kgf/cm^2 menos que el f'_c requerido, se deben tomar las medidas necesarias para asegurar la capacidad de carga de la estructura (tales como extraer núcleos o realizar ensayo de carga).
- 3.6 El concreto de la zona representada por los núcleos es estructuralmente adecuado, si el promedio de los 3 núcleos resulta por lo menos igual al 85% de f'_c , y si ningún núcleo presenta una resistencia menor del 75% de f'_c . Para comprobar la precisión del ensayo, se pueden volver a tomar y ensayar núcleos en los lugares que presenten resultados dudosos.

4. MEZCLA, COLOCACIÓN Y CURADO DEL CONCRETO

4.1 Antes de la colocación del concreto se debe:

- (a) Limpiar el equipo de transporte y mezclado del concreto.
- (b) Retirar los residuos del sitio de vaciado del concreto.
- (c) Proteger la parte interna de la formaleta.
- (d) Las unidades de mampostería que estén en contacto con el concreto, deben estar humedecidas.
- (e) Limpiar el refuerzo.
- (f) El sitio de colocación del concreto debe estar libre de agua antes de depositar el concreto.

4.2 Todo el concreto se mezclará hasta que haya una distribución íntima y homogénea de los materiales. El mezclado deberá continuarse por lo menos minuto y medio después que todos los materiales estén en la concretadora, a menos que con un tiempo menor se cumplan los requisitos de uniformidad de la norma NTC 3318 (ASTM C94). La concretadora debe descargarse completamente antes de volverse a usar.

4.3 Debe mantenerse un registro detallado que permita identificar:

- (a) El número de tandas de mezclas producidas
- (b) La dosificación de materiales usados
- (c) Localización aproximada dentro de la estructura

(d) Fecha y hora del mezclado como de su colocación

- 4.4 El concreto se depositará tan cerca como sea posible de su posición final para evitar segregación o pérdida de materiales debida a cargues y descargues.
- 4.5 No se usará concreto ya parcialmente endurecido o contaminado.
- 4.6 No debe utilizarse concreto al que después de preparado se le adicione agua para mejorar su manejabilidad, ni el que haya sido mezclado nuevamente después de su fraguado inicial, excepto cuando lo permita el Ingeniero.
- 4.7 El concreto debe colocarse en capas de 30 cm aproximadamente sin dejar de transcurrir más de 30 minutos entre un vaciado y el otro para evitar que aparezcan planos de debilidad.
- 4.8 El concreto se vibrará únicamente para alcanzar la consolidación requerida sin que se produzca segregación.
- 4.9 El concreto deberá mantenerse húmedo por lo menos 7 días después de vaciado, para permitir su hidratación.

5. FORMALETERÍA

- 5.1 La formaletería deberá diseñarse adecuadamente arriostrada para que no pierda su posición y suficientemente ajustada para impedir que escape el mortero.
- 5.2 Las superficies se tratarán con aceite mineral para evitar la adherencia entre el concreto y la formaleta.
- 5.3 En su diseño se debe tener en cuenta la velocidad y método de colocación del concreto y cargas de construcción. Especial atención se debe prestar durante los vaciados con bomba por la gran concentración de personas.
- 5.4 La formaletería debe removerse de tal forma que no dañe la estructura.
- 5.5 En general las formaletas deben permanecer en su sitio los siguientes tiempos mínimos:

(a)	Muros, columnas, caras laterales de vigas.....	12-24 horas
(b)	Losas:	
	Luz menor de 3,0 m.....	4 días
	Luz de 3,0 a 6,0 m.....	7 días
	Luz de más de 6,0 m.....	10 días
(c)	Fondos de vigas o viguetas:	
	Luz menor de 3,0 m.....	7 días

Luz de 3,0 a 6,0 m.....	14 días
Luz mayor de 6,0 m.....	21 días

- 5.6 Los tiempos anteriores se pueden disminuir si por medio de cilindros curados en el sitio y con aprobación del Ingeniero se demuestra que la estructura con el retaque posee suficiente resistencia para soportar con seguridad las cargas colocadas sobre ellas.
- 5.7 No pueden apoyarse cargas de construcción sobre ninguna parte de la estructura en construcción, ni puede removerse ningún soporte de ella, excepto cuando esa parte de la estructura, combinada con las formaleas y puntales restantes, tenga suficiente resistencia para sostener, sin peligro, su propio peso y las cargas que se apliquen sobre ella.

6. CONDUCTOS Y TUBERÍAS EMBEBIDAS EN EL CONCRETO

- 6.1 Pueden embeberse tuberías y conductos en el concreto siempre que no produzcan efectos nocivos en el concreto y que cumplan las siguientes limitaciones:
- (a) Los conductos, tuberías y camisas que atraviesan una placa, muro o viga, no deben afectar adversamente la resistencia de la estructura.
 - (b) Los conductos y tuberías, incluyendo sus acoples, que estén embebidos dentro de una columna, no pueden desplazar más del 4% del área de la sección transversal sobre la cual se haya calculado la resistencia, o de la que se requiera para protección contra incendios.
- 6.2 Los conductos para redes eléctricas y tuberías embebidas dentro de una placa, muro o viga (fuera de los que simplemente los atraviesan), deben cumplir los siguientes requisitos:
- (a) Su dimensión externa no puede ser mayor de 1/3 del espesor total de la placa, muro o viga dentro de los cuales estén embebidos.
 - (b) Su espaciamiento no puede ser menor de 3 diámetros o anchos embebidos medidos centro a centro.
 - (c) No deben afectar adversamente la resistencia de la estructura.
- 6.3 No debe conducirse por las tuberías ningún líquido, gas o vapor, hasta que el concreto haya alcanzado su resistencia de diseño. Excepto agua que no sobrepase los 32°C de temperatura y los 0.35 MPa de presión.

- 6.4 No se pueden embeber conductos y tuberías de aluminio en el concreto estructural a menos que estén adecuadamente revestidos o cubiertos.
- 6.5 En las losas macizas, las tuberías deben colocarse entre el refuerzo superior y el inferior, a menos que sean para calefacción por radiación.
- 6.6 Las tuberías deben fabricarse o instalarse de tal manera que no se afecte la colocación del refuerzo especificado en los planos estructurales.

7. JUNTAS

7.1 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

- 7.1.1 Las juntas de construcción se localizarán y se harán de acuerdo con las recomendaciones del Ingeniero Calculista.
- 7.1.2 La superficie del concreto en las juntas de construcción se debe limpiar completamente y remover toda la lechada y agua estancada.
- 7.1.3 Las juntas verticales de construcción deben humedecerse inmediatamente antes de vaciar el nuevo concreto, y colocar un producto epóxico que garantice la adherencia entre concretos.
- 7.1.4 Las juntas deben localizarse de tal forma que no perjudiquen la resistencia de la estructura.
- 7.1.5 Las juntas de construcción en las losas se localizarán en el tercio central de las luces de las losas o vigas a menos que una viga intersecte a una viga principal en su parte central en cuyo caso las juntas en las vigas principales se desplazarán una distancia igual al doble del ancho de la viga que la intersecte.
- 7.1.6 Se tomarán medidas para la transferencia de cortante y otras fuerzas a través de las juntas de construcción, por ejemplo por medio de dovelas.

7.2 JUNTAS SÍSMICAS

- 7.2.1 Las juntas sísmicas se construirán en los sitios y con las dimensiones indicadas en los planos.
- 7.2.2 Ningún refuerzo o elemento debe cruzar estas juntas.

8. REPARACIONES EN EL CONCRETO

- 8.1 Todas las reparaciones que se efectúen en el acabado de los concretos deben llevarse a cabo antes de 24 horas a partir del retiro de las formaletas.
- 8.2 Donde el concreto haya sufrido daños o tenga hormigueros, las superficies del concreto deberán picarse hasta retirar totalmente el concreto imperfecto, o hasta donde lo determine el Interventor, y rellenarse con concreto o con mortero de consistencia seca, utilizando aditivos que permitan la adherencia de los concretos.
- 8.3 No deberá utilizarse mortero para rellenos por debajo de los refuerzos o para huecos que se extiendan completamente a través de la sección del concreto. El relleno en estos casos deberá estar constituido por concreto, lo mismo que para aquellos rellenos cuya área sea mayor de 400 cm² o cuya profundidad sea mayor de 10 cm.
- 8.4 Todos los rellenos deberán adherirse totalmente a las superficies del concreto y deberán quedar libres de grietas o áreas imperfectas después de terminar el curado.

9. DETALLES DEL REFUERZO Y DETALLES ESPECIALES

- 9.1 El acero de refuerzo debe colocarse y apoyarse cuidadosamente de acuerdo con las dimensiones indicadas en los planos estructurales. Además debe asegurarse adecuadamente para evitar que se desplace en el momento del vaciado o de la vibración del concreto. Se debe tener especial cuidado con la circulación de personal sobre el refuerzo para evitar que su posición sea afectada.
- 9.2 En el momento de colocación del concreto, el refuerzo debe estar libre de barro, aceite o cualquier sustancia que pueda afectar la adherencia entre el acero y el concreto.
- 9.3 La distancia libre entre barras paralelas colocada en una fila no debe ser menor que el diámetro d_b , ni menor de 25 mm, ni menor de 1 1/3 veces el tamaño del agregado grueso.
- 9.4 Cuando se coloquen dos o más filas de barras, las de las filas superiores deben colocarse directamente encima de las de la fila inferior.
- 9.5 El refuerzo de columnas se colocará de acuerdo al despiece mostrado en los planos. Los traslapos se harán cerca a la mitad de la altura entre pisos y máximo el 50% del refuerzo en cada nivel.
- 9.6 Por razones sísmicas las intersecciones de vigas y columnas son sitios críticos a los cuales debe prestarse especial cuidado en la colocación del concreto y del refuerzo.

10. RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO

10.1 PARA CONCRETO CONSTRUIDO EN SITIO (NO PREESFORZADO)

Las barras del refuerzo deberán tener los siguientes recubrimientos mínimos:

	Recubrimiento mínimo en mm
(a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él.....	75
(b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie: Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) a No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm)	50
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores	40
(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:	
Losas, muros, viguetas: Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y Nro. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm).....	40
Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores.....	20
Vigas, columnas: Armadura principal, estribos, espirales.....	40
Cáscaras y placas plegadas:	
Barra No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) y mayores.....	20
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambres MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	13

10.2 RECUBRIMIENTO EN ELEMENTOS PREFABRICADOS

En elementos prefabricados las barras de refuerzo deben tener los siguientes recubrimientos mínimos:

	Recubrimiento mínimo en mm
(a) Concreto expuesto al suelo o a la intemperie:	
Paneles de muros:	
Barras No. 14 (1 3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), tendones de preesforzado mayores de 40 mm de diámetro.....	40
Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores, tendones de preesforzado de 40 mm de diámetro y menores, alambres MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	20
Otros elementos:	
Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), tendones de preesforzado mayores de 40 mm de diámetro.....	50
Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) al No. 11 (1-3/8") o 36M (36 mm), tendones de preesforzado mayores de 16 mm de diámetro hasta 40 mm de diámetro.....	40
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores, tendones de preesforzado de 16 mm de diámetro y menores, alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	30
(b) Concreto no expuesto a la acción de la intemperie ni en contacto con el suelo:	
Losas, muros, viguetas:	
Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), tendones de preesforzado a 40 mm de diámetro	30

	Recubrimiento mínimo en mm
Tendones de preesforzado de 40 mm de diámetro y menores.....	20
Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) y menores, alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	16
Vigas, columnas:	
Refuerzo principal.....	d_b
pero no menor de 16 mm y no mayor de 40 mm	
Estribos, espirales.....	10
Cascaras y losas plegadas:	
Tendones de preesforzado.....	20
Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) y mayores.....	16
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores, Alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores..	10

10.3 CONCRETO CONSTRUIDO EN SITIO (PREESFORZADO)

Deben cumplirse los siguientes recubrimientos mínimos para las armaduras preesforzadas y no preesforzadas, ductos y anclajes:

	Recubrimiento mínimo en mm
(a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él.....	75
(b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:	
Paneles de muros, losas, viguetas.....	25
Otros elementos.....	40

	Recubrimiento mínimo en mm
(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:	
Losas, muros, viguetas	20
Vigas, columnas:	
Refuerzo principal	40
Estribos y espirales	25
Cáscaras y losas plegables:	
Barra No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	10
Otros refuerzos	d_b
pero no menos de.....	20
10.4 En ambientes agresivos deberán utilizarse recubrimientos mayores que los mencionados, los cuales dependen de las condiciones de exposición.	
10.5 En los elementos de concreto cuya superficie exterior se pica o abuzarda por razones estéticas, los recubrimientos dados en esta sección deben aumentarse en 10mm en aquellas caras que se piquen.	
10.6 Para barras en paquete el recubrimiento mínimo debe ser igual al recubrimiento equivalente del paquete, sin necesidad de ser mayor de 50 mm, excepto para el concreto vaciado contra la tierra y permanentemente expuesto a ella, en cuyo caso el recubrimiento debe ser 70 mm.	
10.7 El refuerzo expuesto, los aditamentos y platinas que hagan parte de conexiones en espera de futura continuación de la construcción, deben protegerse contra la corrosión.	

11. TOLERANCIAS PARA LAS ESTRUCTURAS

En la construcción de las obras se permitirán desviaciones de las líneas prescritas dentro de los límites que se especifican a continuación:

11.1 Variaciones en dimensiones o en distancias desde puntos de referencias a puntos especiales de una estructura

En 5 metros	1.0 cm
En 10 metros	1.5 cm
En 25 metros	2.0 cm
En construcciones cubiertas por tierra	5.0 cm

11.2 Desviaciones en la vertical con las inclinaciones especificadas, o en superficies curvas de muros, pilas, columnas o salientes visibles:

En 3 metros	0.5 cm
En 6 metros	1.0 cm
En construcciones enterradas	3.0 cm

11.3 Error en las cotas de losas, vigas, juntas horizontales visibles:

En 3 metros	0.5 cm
En 10 metros ó más	1.0 cm
En construcciones enterradas	2.0 cm

11.4 Error en ejes

0.0 cm

11.5 En las dimensiones de sección de columnas, vigas, pilas y otros semejantes:

Por defecto	0.6 cm
Por exceso	1.0 cm

11.6 En espesores de losas, muros, secciones, curvas y otras semejantes:

Por defecto	0.6 cm
Por exceso	1.0 cm

11.7 Variación en la localización de vacíos, cajas, etc.

0.0 cm + 0.5 cm

11.8 Fundaciones para columnas, pilas, muros y miembros semejantes:

Variación de dimensiones en la planta

Por defecto	1.0 cm
Por exceso	5.0 cm

- 11.9 Tolerancias para colocación de acero de refuerzo. Para el acero de refuerzo de todas las estructuras se permitirán desviaciones de lo especificado como se indica a continuación:

(a) Variación de la altura útil:

Para altura útil menor o igual a 20 cm	± 1.0 cm
Para altura útil mayor a 20 cm	± 1.2 cm

(b) Variación del recubrimiento:

Para altura útil menor o igual a 20 cm	-1.0 cm
Para altura útil mayor a 20 cm	-1.2 cm

(c) La tolerancia en la localización de los puntos de doblez y extremos de barras de refuerzo, debe ser ± 5.0 cm, excepto en los apoyos terminales de vigas, en los cuales no debe ser mayor de ± 1.2 cm

(d) Variaciones en los espaciamientos, centro a centro 1.5 cm

12. GANCHOS

- 12.1 El término "gancho estándar", tal como se indica en la norma Colombiana significa:

(a) Un doblez a 180° más una parte recta de longitud mínima igual a $4 d_b$, pero no menor de 6.0 cm en el extremo de la barra;

(b) Un doblez a 90° más una parte recta de longitud mínima igual a $12 d_b$ en el extremo de la barra;

(c) Para estribos o flejes solamente:

- Un doblez a 90° con una parte recta mínima igual a $6 d_b$ para barras No. 5 o menores
- Un doblez a 90° con una parte recta mínima igual a $12 d_b$, para barras No. 6 o mayores
- Para barras No 8 y menores con ganchos de 135° , la longitud recta mínima es de $6 d_b$, para estribos sísmicos el doblez debe ser de 135° o más, con una extensión de $6 d_b$, pero no menor de 7.5 cm

12.2 El diámetro de doblamiento no debe ser menor que:

DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLAMIENTO

REFUERZO PRINCIPAL

Barra No.	Diámetro de doblamiento
2 a 8	6 d _b
9 a 11	8 d _b
12 ó mayor	10 d _b

ESTRIBOS

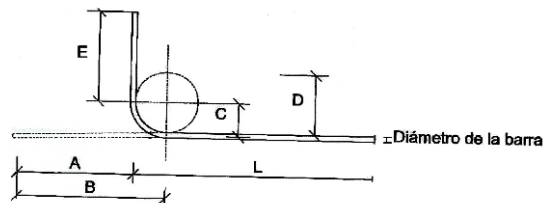
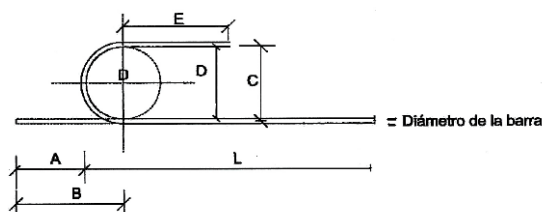
Barra No.	Diámetro de doblamiento
5 ó menor	4 d _b
6 ó mayor	Como el refuerzo principal

12.3 Todos los dobleces y ganchos de las barras deben hacerse en frío.

12.4 Las barras que ya estén parcialmente embebidas dentro del concreto no pueden doblarse o desdoblarse en el sitio, a menos que el Ingeniero Calculista lo permita.

GANCHOS ESTÁNDAR RECOMENDADOS

Número de barra	Diámetro de la barra (mm)	Gancho estándar de 180° $f_y = 4220 \text{ kgf/cm}^2$					Longitud del gancho	
		E (mm)	D (mm)	C (mm)	B (mm)	A (mm)	1 gancho	2 ganchos
2	6.4	65	38	45	135	110	10.0	20.0
3	9.5	65	57	67	169	131	12.5	25.0
4	12.7	65	76	89	205	154	15.0	30.0
5	15.9	65	95	111	240	176	17.5	35.0
6	19.1	76	115	134	286	210	20.0	40.0
7	22.2	89	133	155	333	244	25.0	50.0
8	25.4	102	152	178	381	279	27.5	55.0
9	28.7	115	230	258	521	377	37.5	75.0
10	32.3	129	258	291	586	424	42.5	85.0
11	35.8	143	286	322	649	470	47.5	95.0
14	43.0	172	430	473	915	657	65.0	130.0
18	57.3	229	573	630	1219	875	87.5	175.0



Número de barra	Diámetro de la barra (mm)	Gancho estándar de 90° $f_y = 4220 \text{ kgf/cm}^2$					Longitud del gancho	
		E (mm)	D (mm)	C (mm)	B (mm)	A (mm)	1 gancho	2 ganchos
2	6.4	77	38	22	112	86	10.0	20.0
3	9.5	114	57	33	166	128	12.5	25.0
4	12.7	152	76	44	222	171	17.5	35.0
5	15.9	191	95	56	278	215	22.5	45.0
6	19.1	229	115	67	334	258	25.0	50.0
7	22.2	266	133	78	388	300	30.0	60.0
8	25.4	305	152	89	444	343	35.0	70.0
9	28.7	344	230	129	547	404	40.0	80.0
10	32.3	388	258	145	616	454	45.0	90.0
11	35.8	430	286	161	683	504	50.0	100.0
14	43.0	516	430	237	887	629	65.0	130.0
18	57.3	688	573	315	1183	839	85.0	170.0

DIMENSIONES DE GANCHOS PARA ESTRIBOS

Número de barra	Diámetro de la barra (mm)	Gancho para estribos de 90°					Longitud del gancho (cm)	
		E (mm)	D (mm)	C (mm)	B (mm)	A (mm)	1 gancho	2 ganchos
2	6.4	38	26	16	64	44	5.0	10.0
3	9.5	57	38	24	94	66	7.5	15.0
4	12.7	76	51	32	126	88	10.0	20.0
5	15.9	95	64	40	158	110	12.5	25.0
6	19.1	229	115	67	325	248	25.0	50.0
7	22.2	266	133	78	377	288	30.0	60.0
8	25.4	305	152	89	432	330	35.0	70.0

Número de barra	Diámetro de la barra (mm)	Gancho para estribos de 135°					Longitud del gancho (cm)	
		E (mm)	D (mm)	C (mm)	B (mm)	A (mm)	1 gancho	2 ganchos
2	6.4	38	26	16	76	57	8.0	16.0
3	9.5	57	38	24	113	84	10.0	20.0
4	12.7	76	51	32	151	113	12.5	25.0
5	15.9	95	64	40	189	141	15.0	30.0
6	19.1	115	115	67	272	196	20.0	40.0
7	22.2	133	133	78	316	227	22.5	45.0
8	25.4	152	152	89	362	260	30.0	60.0

