

C.11.7 - CORTANTE POR FRICCION

C.11.7.1 - Las disposiciones de esta sección C.11.7 pueden aplicarse donde sea apropiado considerar la transferencia de cortante a través de un plano dado, tal como una grieta existente o potencial, una superficie de contacto entre dos concretos vaciados en tiempos diferentes, o una superficie de contacto entre materiales diferentes

C.11.7.2 - El diseño de las secciones sometidas a transferencia de cortante, tal como las describe C.11.7.1, debe basarse en la ecuación C.11-1. v_n se calcula siguiendo los requisitos de C.11.7.3 y C.11.7.4

C.11.7.3 - Se supone que se presenta una grieta a lo largo del plano de cortante considerado. El área de refuerzo requerida de cortante por fricción, A_{vf} , que pasa a través del plano de cortante debe diseñarse utilizando los requisitos de C.11.7.4 u otro método de diseño para transferencia de cortante que conduzca a predicciones de la resistencia que coincidan substancialmente con los resultados de ensayos experimentales de amplia cobertura. Los requisitos de C.11.7.5 a C.11.7.10 deben aplicarse en todos los cálculos de resistencia de cortante por transferencia.

C.11.7.4 - METODO DE DISEÑO DE CORTANTE POR FRICCION

C.11.7.4.1 - Cuando el refuerzo de cortante por fricción es perpendicular al plano de cortante, la resistencia nominal de cortante se debe calcular utilizando

$$v_n = \frac{A_{vf} f_y \mu}{A_c} \quad (\text{C.11-32})$$

donde μ es el coeficiente de fricción de acuerdo con C.11.7.4.3.

C.11.7.4.2 - Cuando el refuerzo de cortante por fricción está inclinado con respecto al plano de cortante, de tal manera que se produzca tracción en el refuerzo de cortante por fricción, la resistencia nominal de cortante se calcula utilizando:

$$v_n = \frac{A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)}{A_c} \quad (\text{C.11-33})$$

donde α_f es el ángulo entre el refuerzo de cortante por fricción y el plano de cortante.

C.11.7.4.3 - El coeficiente de fricción, μ , que se utiliza en las ecuaciones C.11-32 y C.11-33 debe ser

Concreto vaciado monolíticamente $\mu = 1.4$

Concreto vaciado contra concreto endurecido
con su superficie intencionalmente rugosa,
como lo especifica C.11.7.9 $\mu = 1.0$

Concreto vaciado contra concreto endurecido
sin que su superficie se haya hecho rugosa
intencionalmente $\mu = 0.6$

Concreto anclado a perfiles estructurales de
acero por medio de barras de refuerzo o por
medio de pernos (véase C.11.7.10) $\mu = 0.7$

C.11.7.5 - La resistencia nominal al cortante, v_n , no debe ser mayor que $0.2f'_c$ ni que 5.5 MPa, tomados sobre el área A_c

C.11.7.6 - El esfuerzo de fluencia de diseño del refuerzo de cortante por fricción no debe exceder de 420 MPa.

C.11.7.7 - La tracción directa a través de la grieta supuesta debe ser atendida por refuerzo adicional. La compresión neta permanente a través del plano de cortante puede adicionarse a la fuerza en el refuerzo de cortante por fricción, $A_{vf} f_y$, cuando se calcule el área de refuerzo requerida, A_{vr} .

C.11.7.8 - El refuerzo a cortante por fricción debe distribuirse a través de la grieta supuesta y anclarse adecuadamente en ambos lados por medio de anclaje, ganchos o soldadura a dispositivos especiales

C.11.7.9 - Para los propósitos de C.11.7, cuando el concreto se coloque contra el concreto previamente endurecido, la superficie de contacto para transferencia de cortante debe estar limpia y libre de lechada. Si μ se supone igual a 1.0, la superficie de contacto debe tener rugosidades hechas intencionalmente con amplitudes hasta de 5 mm aproximadamente.

C.11.7.10 - Cuando el cortante se transfiera entre concreto y acero laminado, utilizando pernos o barras de refuerzo, el acero debe estar limpio y libre de pintura.

C.11.8 - DISPOSICIONES ESPECIALES PARA ELEMENTOS DE GRAN ALTURA SOMETIDOS A FLEXION

C.11.8.1 - Las disposiciones de C.11.8 se aplican a los elementos con ℓ_n/d menor de 5, cargados en la parte superior o cara de compresión y con sus apoyos en la parte inferior, de tal manera que se puedan formar bielas de compresión entre las cargas y los apoyos. Véase también C.12.10.6.

C.11.8.2 - El diseño a cortante para elementos simplemente apoyados de gran altura a flexión debe basarse en las ecuaciones C.11-1 y C.11-2 donde v_c debe calcularse siguiendo C.11.8.6 o C.11.8.7 y v_n calcularse de acuerdo con C.11.8.8.

C.11.8.3 - El diseño a cortante de elementos de gran altura continuos debe basarse en los requisitos de C.11.1 a C.11.5, substituyendo C.11.8.5 por C.11.1.3, o por métodos que cumplan el principio de equilibrio y los requisitos de resistencia. En cualquier caso el diseño debe cumplir C.11.8.4, C.11.8.9 y C.11.8.10.

C.11.8.4 - El esfuerzo cortante v_n para elementos de gran altura a flexión no debe exceder $(2/3)\sqrt{f'_c}$ cuando ℓ_n/d sea menor de 2. Cuando ℓ_n/d esté entre 2 y 5, v_n no debe exceder:

$$v_n = \frac{\sqrt{f'_c}}{18} \left(10 + \frac{\ell_n}{d} \right) \quad (\text{C.11-34}^*)$$

C.11.8.5 - La sección crítica para cortante medida desde la cara del apoyo se debe tomar a una distancia de $0.15\ell_n$ para vigas uniformemente cargadas y de $0.50a$ para vigas con cargas concentradas, pero no mayor de d .

C.11.8.6 - A menos que se efectúe un cálculo más detallado de acuerdo con C.11.8.7, debe tomarse:

$$v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \quad (\text{C.11-35}^*)$$

C.11.8.7 - El esfuerzo cortante nominal resistido por el concreto puede calcularse por medio de:

$$v_c = \left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{7} + 17.1 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \quad (\text{C.11-36}^*)$$

excepto que el término:

$$\left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d} \right) \leq 2.5$$

ni v_c debe exceder $(1/2)\sqrt{f'_c}$. Además, M_u es el momento mayorado que se presenta simultáneamente con V_u en la sección crítica definida en C.11.8.5.

C.11.8.8 - Cuando el esfuerzo cortante mayorado v_u , exceda la resistencia a cortante ϕv_c , debe colocarse el refuerzo a cortante necesario para satisfacer la ecuación C.11-2 en el cual v_c se calcula por medio de:

$$v_s = \left[\frac{A_v}{s} \left(\frac{1 + \frac{\ell_n}{d}}{12} \right) + \frac{A_{vh}}{s_2} \left(\frac{11 - \frac{\ell_n}{d}}{12} \right) \right] \frac{f_y}{b_w} \quad (\text{C.11-37})$$

donde A_v es el área de refuerzo a cortante perpendicular al refuerzo de flexión en tracción dentro de una distancia s y A_{vh} es el área de refuerzo a cortante paralelo al refuerzo de flexión dentro de una distancia s_2 .

C.11.8.9 - El área de refuerzo a cortante A_v no deber ser menor de $0.0015b_ws$, ni s puede exceder $d/5$ ni 500 mm.

C.11.8.10 - El área de refuerzo horizontal a cortante A_{vh} no debe ser menor de $0.0025b_ws_2$, ni s_2 puede exceder $d/3$ ni 500 mm.

C.11.8.11 - El refuerzo a cortante que se requiera en la sección crítica definida en C.11.8.5 debe utilizarse en toda la luz.

C.11.9 - DISPOSICIONES ESPECIALES PARA MENSULAS Y CORNISAS

C.11.9.1 - Las disposiciones de esta sección C 11.9 son aplicables a ménsulas y cornisas que tengan una relación de luz de corte a altura útil a/d menor o igual a 1 y que están sometidas a una fuerza de tracción N_{uc} no mayor de V_u . La distancia d debe medirse en la cara del apoyo.

C.11.9.2 - La altura útil en la cara externa del área de soporte no debe ser menor de $0.5d$.

C.11.9.3 - La sección en la cara del apoyo debe diseñarse para que pueda resistir simultáneamente la fuerza cortante V_u , un momento $\{V_u a + N_{uc}(h-d)\}$ y una fuerza horizontal de tracción N_{uc} .

C.11.9.3.1 - En todos los cálculos del diseño debe emplearse un coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , igual a 0.85.

C.11.9.3.2 - El diseño del refuerzo de fricción cortante, A_{vf} , que resiste el esfuerzo cortante $v_u = V_u/(b_w d)$ debe hacerse de acuerdo con C.11.7. La resistencia nominal al cortante v_n no debe ser mayor de $0.2f'_c$ ni de 5.5 MPa.

C.11.9.3.3 - El refuerzo A_f que resiste el momento $\{V_u a + N_{uc}(h-d)\}$ debe ser determinado siguiendo los requisitos de C 10.2 y C.10.3

C.11.9.3.4 - El refuerzo A_n que resiste la fuerza de tracción N_{uc} debe obtenerse de la relación $N_{uc} \leq \phi A_n f_y$. La fuerza de tracción N_{uc} no debe ser menor de $0.2V_u$ a menos que se tomen precauciones especiales para evitar las fuerzas de tracción. La fuerza de tracción N_{uc} debe considerarse como carga viva aun cuando la fuerza de tracción provenga de retracción de fraguado, flujo plástico o cambios de temperatura.

C.11.9.3.5 - El área de refuerzo principal de tracción, A_s , debe ser igual a la mayor de $(A_f + A_n)$ ó $(2A_{vf}/3 + A_n)$

C.11.9.4 - Deben colocarse estribos cerrados paralelos a A_s con un área total A_{sh} , mayor o igual a $0.5(A_s - A_n)$, distribuidos dentro de los dos tercios de la altura efectiva adyacente a A_s .

C.11.9.5 - La cuantía $\rho = A_s/bd$ no debe ser menor de $0.04(f'_c/f_y)$.

C.11.9.6 - El refuerzo principal de tracción, A_s , debe quedar adecuadamente anclado en la cara del frente de la ménsula o cornisa por uno de los siguientes procedimientos:

- (a) Soldadura estructural a una barra transversal, la cual debe ser al menos del mismo diámetro. La soldadura debe ser capaz de desarrollar el esfuerzo de fluencia f_y de las barras de A_s .
- (b) Doblando las barras principales de refuerzo A_s hacia atrás de tal manera que formen un anillo horizontal, o
- (c) Cualquier otro método de anclaje efectivo.

C.11.9.7 - La superficie de contacto de la carga de la ménsula, no debe sobresalir mas allá de la parte recta del refuerzo principal de tracción A_s , ni mas allá de la cara interior de la barra transversal de anclaje, si se coloca una.

C.11.10 - DISPOSICIONES ESPECIALES PARA MUROS

C.11.10.1 - El diseño para fuerzas cortantes perpendiculares a la cara del muro debe hacerse de acuerdo con las disposiciones para las losas contenidas en C.11.12. El diseño para fuerzas cortantes horizontales en el plano del muro debe hacerse de acuerdo con lo dispuesto en C 11.10.2 a C 11.10.8

C.11.10.2 - El diseño de la sección horizontal para cortante en el plano del muro debe hacerse con base en las ecuaciones C.11-1 y C.11-2 en las cuales la resistencia a cortante v_c debe obtenerse de acuerdo con lo dispuesto en C.11.10.5 ó C.11.10.6, y la resistencia v_s debe obtenerse de acuerdo con C.11.10.9.

C.11.10.3 - La resistencia nominal a esfuerzos cortantes, v_n , en cualquier sección no debe exceder de $(5/6)\sqrt{f'_c}$, calculada sobre el área h_d .

C.11.10.4 - En el diseño para fuerzas cortantes horizontales en el plano del muro, d debe ser igual a $0.8\ell_w$. Puede utilizarse un valor mayor de d , igual a la distancia desde la fibra extrema a compresión hasta el centro de fuerza de todo el refuerzo a tracción, cuando aquella se haya determinado por medio de un análisis de compatibilidad de deformaciones.

C.11.10.5 - A menos que se efectúe un cálculo más detallado de acuerdo con C.11.10.6, la resistencia al cortante contribuida por el concreto, v_c , no puede tomarse mayor que $(1/6)\sqrt{f'_c}$ para muros sometidos a N_u de compresión, ni v_c puede tomarse mayor que el valor dado en C 11.3.2.3 para muros sometidos a N_u de tracción.

C.11.10.6 - La resistencia al cortante contribuida por el concreto v_c , evaluada sobre el área h_d , no debe ser mayor que el menor valor calculado de:

$$v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{4} + \frac{N_u}{4\ell_w h} \quad (\text{C.11-38}^*)$$

o

$$v_c = \left[\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + \frac{\ell_w \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{10} + \frac{N_u}{5\ell_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{\ell_w}{2}} \right] \quad (\text{C.11-39}^*)$$

donde N_u es negativo para tracción. Cuando $(M_u/V_u - \ell_w/2)$ sea negativo no debe usarse la ecuación C.11-39.

C.11.10.7 - Las secciones localizadas más cerca que $\ell_w/2$ de la base, o que $h_w/2$, la que sea menor, pueden diseñarse para el mismo v_c calculado a una distancia $\ell_w/2$ o $h_w/2$.

C.11.10.8 - Cuando v_u sea menor que $\phi v_c/2$ debe suministrarse refuerzo de acuerdo con C 11.10.9 o de acuerdo con el Capítulo C.14. Cuando v_u exceda $\phi v_c/2$ el refuerzo que resiste cortante debe diseñarse de acuerdo con C 11.10.9.

C.11.10.9 - DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE PARA MUROS - Cuando el esfuerzo cortante v_u exceda la resistencia ϕv_c , debe suministrarse refuerzo a cortante horizontal de modo que se cumplan las ecuaciones C.11-1 y C.11-2 en las cuales el valor de v_s , aplicable sobre un área $h d$, debe calcularse por medio de:

$$v_s = \frac{A_v f_y}{s_2 h} \quad (\text{C.11-40})$$

en donde A_v es el área del refuerzo a cortante horizontal dentro de una distancia s_2 . Debe colocarse refuerzo vertical para cortante de acuerdo con C.11.10.9.3

C.11.10.9.1 - La cuantía ρ_h de refuerzo horizontal para cortante calculada sobre el área bruta de concreto para una sección vertical no debe ser menor de 0.0025.

C.11.10.9.2 - El espaciamiento del refuerzo horizontal para cortante, s_2 , no debe exceder $\ell_w/5$, $3h$ ni 500 mm

C.11.10.9.3 - La cuantía ρ_n de refuerzo vertical para cortante calculada sobre el área bruta del concreto para una sección horizontal no debe ser menor de:

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{\ell_w} \right) (\rho_h - 0.0025) \quad (\text{C.11-41})$$

ni menor de 0.0025, pero no necesita ser mayor que el refuerzo horizontal requerido para cortante.

C.11.10.9.4 - El espaciamiento del refuerzo vertical para cortante s_1 no debe exceder $\ell_w/3$, $3h$, ni 500 mm.

C.11.10.9.5 - Deben cumplirse además las disposiciones especiales para estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) dadas en el Capítulo C.21.

C.11.11 - TRANSFERENCIA DE MOMENTO A LAS COLUMNAS

C.11.11.1 - Cuando las cargas de gravedad, viento, sismo u otras fuerzas laterales causen transferencia de momento en las conexiones de los elementos de la estructura a las columnas, el cortante resultante de la transferencia de momento se debe considerar en el diseño del refuerzo lateral de las columnas.

C.11.11.2 - Debe suministrarse refuerzo lateral a las columnas dentro de los nudos o conexiones con los otros elementos de la estructura. El área de refuerzo lateral no puede ser menor que la requerida por la ecuación C.11-14 [$A_v = b_w s / (3 f_y)$] y se debe colocar sobre una distancia al menos igual a la altura del elemento más alto de los que llegan a las columnas. Véase también C 7.9

C.11.12 - DISPOSICIONES ESPECIALES PARA LOSAS Y ZAPATAS

C.11.12.1 - La resistencia al cortante de losas y zapatas en la vecindad de cargas concentradas o reacciones, se rige por la más severa de las dos condiciones siguientes

C.11.12.1.1 - La acción como viga para la losa o zapata, con una sección crítica que se extiende en un plano a través del ancho total y está localizada a una distancia d de la cara del área de la carga concentrada o reacción. Para esta condición, la losa o zapata debe diseñarse de acuerdo con los requisitos de C 11.1 a C 11.5

C.11.12.1.2 - La acción en dos direcciones (punzonamiento) para la losa o zapata, con una sección crítica perpendicular al plano de la losa y localizada de modo que su perímetro b_o sea mínimo pero sin necesidad de aproximarse a menos de $d/2$ de

- (a) los lados y esquinas de las columnas, cargas concentradas, o apoyos, o

(b) cambios en espesor de la losa, tales como los bordes de los capiteles o ábacos.

El diseño para la acción en dos direcciones (punzonamiento) de losas o zapatas se debe llevar a cabo de acuerdo con las secciones C.11.12.2 a C.11.12.6.

C.11.12.1.3 - En las columnas de sección cuadrada o rectangular, cargas concentradas o áreas de apoyo, la sección crítica puede reducirse a cuatro lados rectos

C.11.12.2 - El diseño de la losa o zapata para acción en dos direcciones (punzonamiento) debe basarse en las ecuaciones C 11-1 y C.11-2. v_c se calcula de acuerdo con C 11.12.2.1, C 11.12.2.2 o C.11.12.3.1. v_s se calcula de acuerdo con C.11.12.3. En las losas donde se utilicen cabezas de cortante, v_n se determina de acuerdo con C.11.12.4. Cuando hay transferencia de momento de la losa a la columna, deben utilizarse los requisitos de C.11.12.6.

C.11.12.2.1 - Para losas no preesforzadas y zapatas, v_c , evaluado sobre el área $b_o d$, debe tomarse como el menor de (a), (b), o (c):

$$(a) \quad v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \quad (C.11-42^*)$$

donde β_c es la relación entre lado largo y lado corto de la columna, carga concentrada o área de apoyo,

$$(b) \quad v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \left(1 + \frac{\alpha_s d}{2 b_o} \right) \quad (C.11-43^*)$$

donde α_s tiene un valor de 40 para columnas interiores, de 30 para columna de borde y de 20 para columnas de esquina,

$$(c) \quad v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{3} \quad (C.11-44^*)$$

C.11.12.2.2 - En las columnas de losas preesforzadas que trabajen en dos direcciones, y en zapatas que cumplan los requisitos de C 18.9.3.

$$v_c = \left(\beta_p \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc} \right) + \frac{V_p}{b_o d} \quad (C.11-45^*)$$

en donde β_p es el más pequeño de 0.29 o $(\alpha_s d / b_o + 1.5) / 12$; α_s tiene un valor de 40 para columnas interiores, de 30 para columna de borde y de 20 para columnas de esquina; b_o es el perímetro de la sección crítica como se define en C.11.12.1.2; f_{pc} es el promedio de los valores de f_{pc} para las dos direcciones; y V_p es la componente vertical de todo el preesfuerzo efectivo que pasa a través de la sección crítica. v_c puede calcularse por medio de la ecuación C.11-45 si se cumplen las condiciones siguientes, en caso contrario debe aplicarse C.11.12.2.1.

(a) ninguna parte de la sección de la columna puede estar más cerca de 4 espesores de losa de un borde discontinuo,

(b) f'_c en la ecuación C 11-45 no puede ser mayor de 35 MPa, y

(c) f_{pc} en ninguna dirección puede ser menor de 0.9 MPa, ni mayor de 3.5 MPa.

C.11.12.3 - Se permite utilizar en losas y zapatas refuerzo a cortante que consista de barras o malla electrosoldada, de acuerdo con las siguientes disposiciones:

C.11.12.3.1 - La resistencia a cortante v_n debe calcularse por la ecuación C.11-2 tomando en cuenta que v_c , evaluado sobre $b_o d$, no puede ser mayor que $(1/6)\sqrt{f'_c}$ y v_s debe estar de acuerdo con lo estipulado en C 11.5 y anclado de acuerdo con C.12.13.

C.11.12.3.2 - El valor de v_n no puede ser mayor de $(1/2)\sqrt{f'_c}$

C.11.12.4 - Se puede utilizar en las losas refuerzo a cortante que consista de perfiles de acero en I o canales (cabezas de cortante). Las disposiciones de C.11.12.4.1 a C.11.12.4.9 deben aplicarse donde el cortante debido a cargas gravitacionales se transfiere a columnas interiores. Donde haya transferencia de momento a las columnas, debe aplicarse C.11.12.6.3

C.11.12.4.1 - Cada cabeza de cortante debe consistir en perfiles fabricados de acero, soldando, por medio de soldaduras de penetración total, cuatro brazos idénticos que formen ángulos rectos. Los brazos de la cabeza de cortante deben ser continuos a través de toda la sección de la columna.

C.11.12.4.2 - La cabeza de cortante no deben tener una altura mayor de 70 veces el espesor del alma del perfil de acero

C.11.12.4.3 - Los extremos de cada brazo de la cabeza de cortante pueden cortarse en un ángulo no menor de 30° con respecto a la horizontal, si la capacidad del momento plástico de la sección en chaflán restante es adecuada para resistir la fuerza cortante asignada a ese brazo de la cabeza de cortante

C.11.12.4.4 - Todas las aletas de compresión de los perfiles de acero deben localizarse dentro de $0.3d$ de la superficie de compresión de la losa.

C.11.12.4.5 - La relación α_v entre la rigidez de cada brazo de la cabeza de cortante y la de la sección compuesta fisurada de la losa que la circunda, con un ancho de $(c_2 + d)$, no debe ser menor que 0.15.

C.11.12.4.6 - El momento plástico resistente M_p que se requiere para cada brazo de la cabeza de cortante debe calcularse por medio de:

$$\phi M_p = \frac{V_u}{2\eta} \left[h_v + \alpha_v \left(\ell_v - \frac{c_1}{2} \right) \right] \quad (\text{C.11-46})$$

donde ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para flexión, η es el número de brazos, y ℓ_v es la longitud mínima de cada brazo de la cabeza de cortante que se requiere para cumplir los requisitos de C.11.12.4.7 y C.11.12.4.8

C.11.12.4.7 - La sección crítica de la losa para cortante debe ser perpendicular al plano de la losa y atravesar cada brazo de la cabeza de cortante a $3/4$ de la distancia $(\ell_v - c_1/2)$ de la cara de la columna en el extremo del brazo. La sección crítica se debe localizar de modo que su perímetro b_o sea mínimo, pero sin necesidad de aproximarse mas cerca que el perímetro definido en C.11.12.1.2(a).

C.11.12.4.8 - El esfuerzo cortante v_n no debe ser mayor que $(1/3)\sqrt{f'_c}$ en la sección crítica definida en C.11.12.4.7. Cuando se proporcione refuerzo para la cabeza de cortante, el esfuerzo v_n no debe tomarse mayor que $0.6\sqrt{f'_c}$ en la sección crítica definida en C.11.12.1.2(a).

C.11.12.4.9 - Puede suponerse que la cabeza de cortante contribuye a cada franja de columna de la losa con una resistencia a momento M_v , calculada por:

$$M_v = \frac{\phi \alpha_v V_u}{2\eta} \left(\ell_v - \frac{c_1}{2} \right) \quad (\text{C.11-47})$$

donde ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para flexión, η es el número de brazos, y ℓ_v es la longitud mínima de cada brazo de la cabeza de cortante que realmente se suministre. Sin embargo, M_v no debe tomarse mayor que el menor valor entre:

- (a) el 30 por ciento del momento mayorado total que se requiere para cada franja de columna de la losa,

(b) el cambio en el momento de la franja de columna en la longitud ℓ_v , y

(c) el valor de M_p calculado por la ecuación C.11-47.

C.11.12.4.10 - Cuando haya momentos desbalanceados, la cabeza de cortante debe estar adecuadamente anclada para poder transferir M_p a la columna.

C.11.12.5 - ABERTURAS EN LOSAS - Cuando las aberturas de las losas estén localizadas a una distancia menor de 10 veces el espesor de la losa medida desde el área de la carga concentrada o reacción, o cuando las aberturas en las losas estén localizadas dentro de las franjas de columnas, como las define el Capítulo C 13, la sección crítica de la losa para cortante que se define en C.11.12.1.2 y C.11.12.4.7 debe modificarse como sigue:

C.11.12.5.1 - Para losas sin cabezas de cortante, aquella parte del perímetro de la sección crítica que esté encerrada por líneas rectas que salen del centroide de la columna, o del área de la carga o reacción y son tangentes a los límites de las aberturas, debe considerarse no efectiva.

C.11.12.5.2 - Para las losas con cabezas de cortante, la parte no efectiva del perímetro debe ser la mitad de la definida en C.11.12.5.1.

C.11.12.6 - TRANSFERENCIA DE MOMENTO EN CONEXIONES LOSA-COLUMNA - Cuando las cargas de gravedad, viento, sismo u otras fuerzas laterales causen transferencia de momento entre la losa y la columna, deben aplicarse los requisitos siguientes.

C.11.12.6.1 - La fracción $\gamma_f M_u$ del momento no equilibrado debe transferirse por flexión de acuerdo con los requisitos del Capítulo C 13. La fracción restante del momento no equilibrado, dada por $\gamma_v M_u$ debe considerarse que es transferida por excentricidad de cortante alrededor de la sección crítica definida en C.11.12.1.2, donde

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad (\text{C.11-48})$$

y

C.11.12.6.2 - Debe suponerse que los esfuerzos cortantes que resulten de la transferencia de momentos por excentricidad de cortante, varían linealmente alrededor del centroide de la sección crítica definida en C.11.12.1.2. El esfuerzo cortante máximo debido a las fuerzas cortantes mayoradas y momentos mayorados no debe exceder ϕv_n , definido de la siguiente manera:

(a) para miembros sin refuerzo a cortante:

$$\phi v_n = \phi v_c \quad (\text{C.11-49})$$

donde v_c se define en C.11.12.2.1 o en C.11.12.2.2.

(b) para miembros con refuerzo de cortante diferente de cabezas de cortante:

$$\phi v_n = \phi (v_c + v_s) \quad (\text{C.11-50})$$

donde v_c y v_s se definen en C.11.12.3. En el diseño del refuerzo de cortante deben tenerse en cuenta las variaciones de los esfuerzos cortantes alrededor de la columna.

C.11.12.6.3 - Cuando se utilice refuerzo de cortante consistente en perfiles de acero estructural de sección en I, o de canal (cabezas de cortante), la suma de los esfuerzos cortantes debidos a cargas verticales que actúan en la sección crítica definida en C.11.12.4.7 y los esfuerzos cortantes resultantes de la transferencia de momentos por excentricidad de cortante alrededor del centroide de la sección crítica definida en C.11.12.1.2, no deben exceder $\phi(1/3)\sqrt{f'_c}$

CAPITULO C.12

DESARROLLO Y EMPALMES DEL REFUERZO

C.12.0 - NOMENCLATURA

a	= altura del bloque rectangular equivalente de esfuerzos definido en C.10.2.7.
A_b	= área de una barra individual, expresada en mm ² .
A_s	= área del refuerzo no preesforzado a tracción, expresada en mm ² .
A_{tr}	= área total de refuerzo transversal en forma de estribos, dentro de una distancia s y que cruza un plano potencial de fractura adyacente al refuerzo que se desarrolla, en mm ² .
A_v	= área del refuerzo de cortante dentro de una distancia s , expresada en mm ² .
A_w	= área de un alambre individual de una malla electrosoldada que se va a desarrollar o a empalmar, expresada en mm ² .
b_w	= ancho del alma, o diámetro de una sección circular, expresado en mm.
c	= dimensión del espaciamiento o del recubrimiento del refuerzo, expresado en mm (véase C 12 2 4).
d	= distancia desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a tracción, en mm
d_b	= diámetro nominal de la barra, alambre o torón de preesfuerzo, expresado en mm ²
f'_c	= resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en MPa
$\sqrt{f'_c}$	= raíz cuadrada de la resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en MPa.
f_{ps}	= esfuerzo en el refuerzo preesforzado al nivel de resistencia nominal, expresado en MPa.
f_{se}	= esfuerzo efectivo en el refuerzo preesforzado (después de descontar las pérdidas del preesfuerzo) expresado en MPa.
f_y	= resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo, expresada en MPa.
f_{yt}	= resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo transversal, expresada en MPa.
h	= espesor total del elemento, expresado en mm.
K_{tr}	= índice de refuerzo transversal $= \frac{A_{tr} f_{yt}}{10 s n}$ (la constante 10 tiene unidades de MPa)
ℓ_a	= longitud de anclaje adicional en el apoyo o en el punto de inflexión, expresada en mm.
ℓ_d	= longitud de desarrollo, expresada en mm.
ℓ_{db}	= longitud básica de desarrollo, expresada en mm.
ℓ_{dh}	= longitud de desarrollo de un gancho estándar en tracción, medida desde la sección crítica hasta la parte exterior del gancho (longitud de anclaje recta entre la sección crítica y el comienzo de gancho o punto de tangencia, más el radio del doblé y más un diámetro de barra), expresada en mm. $= \ell_{hb} \times$ coeficientes de modificación apropiados
ℓ_{hb}	= longitud básica de desarrollo de un gancho estándar en tracción, expresada en mm.
M_n	= resistencia nominal a momento en una sección. $= A_s f_y (d - a/2)$.
n	= número de barras, en una misma fila o capa, que se empalman o desarrollan, a lo largo del plano de fractura
s	= espaciamiento, centro a centro, del refuerzo transversal que existe en la longitud de desarrollo ℓ_d , expresado en mm.
s_w	= espaciamiento del alambre que va a desarrollarse o a empalmar, expresado en mm
V_u	= fuerza de cortante mayorada en la sección.
α	= coeficiente relacionado con la localización de la barra (véase C 12 2 4)
β	= coeficiente relacionado con el tipo de superficie del refuerzo (véase C 12 2 4)
β_d	= relación del área de refuerzo interrumpida al área total de barras sometidas a tracción en la sección.
γ	= coeficiente de escala relacionado con el diámetro de la barra (véase C.12.2 4).

C.12.1 - DESARROLLO DEL REFUERZO - GENERALIDADES

C.12.1.1 - La tracción o compresión en el refuerzo calculada en cada sección de los elementos de concreto reforzado, debe desarrollarse en cada lado de dicha sección mediante longitud de anclaje, gancho, o anclaje extremo, o una combinación de los mismos. Los ganchos solo pueden utilizarse para el desarrollo de barras a tracción.

C.12.1.2 - Los valores de la expresión $\sqrt{f'_c}$ utilizados en el presente Capítulo no pueden exceder 8.3 MPa.

C.12.2 - DESARROLLO DE BARRAS CORRUGADAS Y ALAMBRE CORRUGADO A TRACCION

C.12.2.1 - La longitud de desarrollo ℓ_d , en términos de d_b para barras corrugadas y alambres corrugados a tracción, debe calcularse como indica C.12.2.2 o C.12.2.3, pero ℓ_d no puede ser menor que 300 mm.

C.12.2.2 - CASOS SIMPLIFICADOS - Para barras corrugadas o alambre corrugado, el cociente ℓ_d/d_b , debe calcularse así:

	Barras Nº 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores, y alambre corrugado	Barras Nº 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Separación libre entre barras, que se desarrollan o empalman, mayor o igual a d_b , recubrimiento libre mayor o igual a d_b , y estribos a lo largo de ℓ_d cumpliendo el mínimo requiendo, o separación libre entre barras, que se desarrollan o empalman, mayor o igual a $2d_b$ y recubrimiento libre mayor o igual a d_b	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta}{25 \sqrt{f'_c}} (*)$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta}{5 \sqrt{f'_c}} (*)$
Otros casos (separación mínima entre barras según C.7.6.1, recubrimiento mínimo según C.7.7 y sin estribos mínimos)	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18 f_y \alpha \beta}{25 \sqrt{f'_c}} (*)$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9 f_y \alpha \beta}{10 \sqrt{f'_c}} (*)$

C.12.2.3 - CASO GENERAL - Para barras corrugadas o alambre corrugado, el cociente ℓ_d/d_b , debe calcularse utilizando la ecuación C.12-1:

$$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9 f_y}{10 \sqrt{f'_c}} \frac{\alpha \beta \gamma}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)} \quad (C.12-1^*)$$

y

$$\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \leq 2.5$$

C.12.2.4 - En C.12.2.2 y C.12.2.3 deben utilizarse las siguientes definiciones y valores:

α = coeficiente relacionado con la localización de la barra

Refuerzo horizontal colocado de tal manera que haya mas de 300 mm de concreto fresco en el momento de vaciar el concreto, debajo de la longitud de desarrollo o del empalme $\alpha = 1.3$

Otro refuerzo $\alpha = 1.0$

β = coeficiente relacionado con el tipo de superficie del refuerzo

Barras de refuerzo o alambres con recubrimiento epóxico, con recubrimiento de concreto menor que $3d_b$, o separacion libre entre barras menor que $6d_b$ $\beta = 1.5$

Todos los otros casos de barras y alambres con recubrimiento epóxico. $\beta = 1.2$

Barras y alambres sin recubrimiento epóxico $\beta = 1.0$

El producto $\alpha\beta$ no hay necesidad de que exceda 1.7

γ = coeficiente de escala relacionado con el diámetro de la barra

Barras N° 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores, y alambre corrugado $\gamma = 0.8$

Barras N° 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores $\gamma = 1.0$

c = dimensión del espaciamiento o del recubrimiento del refuerzo, expresado en mm

Debe utilizarse la menor de la distancia desde el centro de la barra a la superficie más cercana del concreto, o la mitad de la separación centro a centro de las barras que se desarrollan.

K_{tr} = índice de refuerzo transversal

$$= \frac{A_{tr} f_{yt}}{10 s n} \text{ (la constante 10 tiene unidades de MPa)}$$

donde

A_{tr} = área total de refuerzo transversal en forma de estribos, dentro de una distancia s y que cruza un plano potencial de fractura adyacente al refuerzo que se desarrolla, en mm^2 .

f_{yt} = resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo transversal, expresada en MPa.

s = espaciamiento, centro a centro, del refuerzo transversal que existe en la longitud de desarrollo l_d , expresado en mm

n = número de barras, en una misma fila o capa, que se empalman o desarrollan, a lo largo del plano de fractura.

Como una simplificación de diseño, se permite utilizar $K_{tr} = 0$ aunque haya refuerzo transversal presente.

C.12.2.5 - REFUERZO EN EXCESO - La longitud de desarrollo puede reducirse cuando el refuerzo en un elemento a flexion es mayor del que se requiere por análisis, exceptuando aquellos casos en los cuales el anclaje o el desarrollo de f_y sea requerido específicamente, o en estructuras con capacidad especial de disipacion de energía (DES) como las define el Capítulo C 21

La reducción puede hacerse en la siguiente proporción $\frac{A_s \text{ requerido}}{A_s \text{ suministrado}}$

C.12.3 - DESARROLLO DE BARRAS CORRUGADAS A COMPRESION

C.12.3.1 - La longitud de desarrollo l_d en mm, para barras corrugadas a compresion, debe calcularse como el producto de la longitud de desarrollo básica, l_{db} , de C.12.3.2 y los coeficientes de modificación aplicables de C 12.3.3, pero l_d no puede ser menor de 200 mm

C.12.3.2 - La longitud de desarrollo básica, ℓ_{db} , es: $\frac{d_b f_y}{4 \sqrt{f'_c}} \geq 0.04 d_b f_y$ (la constante 0.04 tiene unidades de mm²/N)

C.12.3.3 - La longitud de desarrollo básica, ℓ_{db} , se puede multiplicar por los coeficientes aplicables para:

(a) **Refuerzo en exceso** - Refuerzo en exceso del que requiere el análisis $\frac{A_s \text{ requerido}}{A_s \text{ suministrado}}$

(b) **Espirales y estribos** - Refuerzo encerrado dentro de refuerzo en espiral de diámetro no menor de N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm) y cuyo paso no sea mayor de 100 mm, o estribos de barra N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm), que cumplan los requisitos de C.7.10.3 y espaciados a menos de 100 mm centro a centro 0.75

C.12.4 - CASOS ESPECIALES

C.12.4.1 - DESARROLLO DE BARRAS LISAS - La longitud de desarrollo ℓ_d para barras lisas será 1.5 veces mayor que el valor calculado para barras corrugadas de acuerdo con C.12.2 y C.12.3 y siempre debe terminar en ganchos estándar.

C.12.4.1.1 - La longitud de desarrollo en barras de refuerzo que no se puedan clasificar como corrugadas o como lisas, debe determinarse experimentalmente; cuando esto no sea posible, deben considerarse como barras lisas

C.12.4.2 - DESARROLLO DE BARRAS EN PAQUETE - La longitud de desarrollo de las barras individuales dentro de un paquete a tracción o a compresión, es la de la barra individual incrementada en un 20% para paquetes de 3 barras, y en un 33% para paquetes de 4 barras

C.12.4.2.1 - Para determinar los coeficientes apropiados en C.12.2, un conjunto de barras en paquete debe tratarse como una sola barra con un diámetro equivalente al que tendría una barra que tenga el área del conjunto.

C.12.5 - GANCHOS ESTANDAR A TRACCION

C.12.5.1 - La longitud de desarrollo, ℓ_{dh} , en mm para barras corrugadas en tracción que terminan en un gancho estándar como lo define C.7.1, debe obtenerse como el producto de la longitud de desarrollo básica, ℓ_{hb} , de C.12.5.2 por el coeficiente o coeficientes de modificación aplicables de C.12.5.3, pero no puede ser menor que el mayor entre $8d_b$ y 150 mm

C.12.5.2 - La longitud de desarrollo básica ℓ_{hb} para

una barra con gancho, con f_y de 420 MPa, debe ser $\frac{100 d_b}{\sqrt{f'_c}}$ (*)

(la constante 100 tiene unidades de N/mm)

C.12.5.3 - La longitud de desarrollo básica, ℓ_{hb} , debe multiplicarse por el coeficiente o coeficientes apropiados siguientes:

(a) **Resistencia a la fluencia de la barra** - Barras con f_y diferente de 420 MPa $\frac{f_y}{420}$

(b) **Recubrimiento del concreto** - Para barras N° 11 (1-3/8"), 32M (32 mm) o menores, con recubrimiento lateral, (normal al plano del gancho) mayor de 60 mm, para ganchos de 90° con recubrimiento en la extensión

después del gancho mayor de 50 mm 0.7

(c) **Estribos** - Para barras N° 11 (1-3/8"), 32M (32 mm) o menores en que el gancho está rodeado vertical u horizontalmente por estribos con un espaciamiento medido a lo largo de la longitud de desarrollo, ℓ_{hb} , menor de $3d_b$, donde d_b es el diámetro de la barra con el gancho 0.8

(d) **Refuerzo en exceso** - Donde no se requiera o no se necesite anclar o desarrollar específicamente f_y , excepto en el sistema de resistencia sísmica de estructuras con capacidad especial (DES)

y moderada (DMO) de disipación de energía $\frac{A_s \text{ requerido}}{A_s \text{ suministrado}}$

(e) **Refuerzo con recubrimiento epóxico** - Barras con gancho que están recubiertas de epóxico 1.2

C.12.5.4 - Para barras que desarrollen f_y a través de un gancho estándar en un extremo discontinuo de un elemento y donde el recubrimiento lateral a ambos lados, y el superior o el inferior, es menor de 60 mm, la barra con gancho debe estar rodeada por estribos espaciados a menos de $3d_b$ a lo largo de la longitud de desarrollo ℓ_{hb} , donde d_b es el diámetro de la barra con gancho. En ese caso no debe usarse el coeficiente dado en C.12.5.3 (c).

C.12.5.5 - Los ganchos no se consideran efectivos en el desarrollo de barras en compresión.

C.12.5.6 - Para las estructuras de capacidad de disipación de energía alta (DES) deben tomarse en cuenta los requisitos adicionales que se dan en el Capítulo C 21

C.12.6 - ANCLAJE MECANICO

C.12.6.1 - Se puede utilizar como anclaje cualquier dispositivo mecánico capaz de desarrollar la resistencia del refuerzo sin dañar el concreto.

C.12.6.2 - Deben presentarse al Ingeniero Diseñador y al Supervisor Técnico los resultados de ensayos que demuestren la bondad de dichos dispositivos mecánicos.

C.12.6.3 - El desarrollo del refuerzo se puede obtener a través de combinar anclaje mecánico y longitud de anclaje adicional entre el anclaje mecánico y el lugar donde se debe desarrollar el máximo esfuerzo en la barra.

C.12.7 - DESARROLLO DE MALLA ELECTROSOLDADA DE ALAMBRE CORRUGADO

C.12.7.1 - La longitud de desarrollo ℓ_d en mm, para malla electrosoldada de alambre corrugado medida desde la sección crítica hasta el extremo del alambre, debe calcularse como el producto de la longitud de desarrollo para alambre corrugado dada en C.12.2.2 o en C.12.2.3 y el coeficiente o coeficientes de modificación aplicables de C.12.7.2 o C.12.7.3. Se permite reducir la longitud de desarrollo de acuerdo con C.12.2.5, pero ℓ_d no debe ser menor de 200 mm excepto al calcular los empalmes por traslapo según C 12.18. Cuando se utilice el coeficiente dado en C.12.7.2, puede utilizarse un coeficiente de recubrimiento epóxico, β , igual a 1.0 para malla electrosoldada con recubrimiento epóxico en C.12.2.2 y C 12.2.3.

C.12.7.2 - Para malla electrosoldada de alambre corrugado que tenga al menos un alambre transversal dentro de la longitud de desarrollo a una separación no menor de 50 mm del punto de la sección crítica, el coeficiente de malla electrosoldada debe ser el mayor de

$$\left(\frac{f_y - 240}{f_y} \right) (*)$$

o

$$\left(\frac{5d_b}{s_w} \right) (*)$$

pero no hay necesidad de que exceda 1.0

C.12.7.3 - Para malla electrosoldada de alambre corrugado sin alambres transversales dentro de la longitud de desarrollo, o con un solo alambre a menos de 50 mm de la sección crítica, el coeficiente de malla electrosoldada de C 12 7 2 debe tomarse como 1.0 y la longitud de desarrollo debe ser la que se determina para alambre corrugado

C.12.7.3 - Cuando haya alambres lisos dentro de la malla electrosoldada de alambre corrugado en la dirección en que se calcula la longitud de desarrollo; esta debe calcularse utilizando los requisitos de C 12.8.

C.12.8 - DESARROLLO DE MALLA ELECTROSOLDADA DE ALAMBRE LISO

C.12.8.1 - La resistencia a la fluencia de la malla electrosoldada de alambre liso, se considera que se desarrolla por el anclaje de dos alambres transversales con el más cercano a no menos de 50 mm de la sección crítica. Sin embargo, la longitud de desarrollo, l_d , en mm, medida desde de la sección crítica al alambre transversal más alejado no debe ser menor que

$$l_d \geq 3.3 \frac{A_w f_y}{s_w \sqrt{f'_c}} (*)$$

modificado para refuerzo en exceso del que requiere el análisis de acuerdo con C.12.2.5. Pero l_d no debe ser menor de 150 mm excepto al calcular los empalmes por traslapo según C 12.19

C.12.9 - DESARROLLO DE LOS TORONES DE PREESFUERZO

C.12.9.1 - Los torones de preesfuerzo de 3 ó 7 alambres se deben adherir más allá de la sección crítica con una longitud de desarrollo, en mm, no menor que;

$$\left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{se} \right) \frac{d_b}{7} (*)$$

donde d_b es el diámetro del torón en mm y f_{ps} y f_{se} se expresan en MPa.

C.12.9.2 - Se puede limitar la investigación a las secciones transversales más cercanas a cada extremo del elemento que requiera desarrollar su resistencia total de diseño bajo las cargas mayoradas especificadas.

C.12.9.3 - Donde la adherencia del torón no se extienda hasta el extremo del elemento, y el diseño incluye tracciones al nivel de cargas de servicio en la zona de tracción precomprimida, de acuerdo con lo especificado en C 18 4 2, la longitud de desarrollo de adherencia que se especifica en C 12.9 1, debe duplicarse

C.12.10 - DESARROLLO DEL REFUERZO A FLEXION - GENERALIDADES

C.12.10.1 - El refuerzo a tracción puede desarrollarse doblándolo a través del alma para anclarlo, o haciéndolo continuo con el refuerzo de la cara opuesta del elemento.

C.12.10.2 - Las secciones críticas para el desarrollo del refuerzo en los elementos a flexión, están en los puntos de esfuerzos maximos, y en los puntos dentro de la luz donde termina o se dobla el refuerzo adyacente. Deben cumplirse, además, los requisitos de C.12 11 3

C.12.10.3 - El refuerzo debe extenderse más allá del punto en el cual ya no se requiera para resistir la flexión, por una distancia igual a la altura efectiva del elemento, d , o $12d_b$, el que sea mayor, excepto en los apoyos de luces simples y en el extremo libre de los voladizos.

C.12.10.4 - El refuerzo que continúa deber tener una longitud de anclaje no menor que la longitud de desarrollo ℓ_d más allá del punto donde se dobla o termina el refuerzo a tracción que ya no se requiera para resistir flexión

C.12.10.5 - El refuerzo de flexión no puede suspenderse en la zona a tracción a menos que se cumpla una de las siguientes condiciones

C.12.10.5.1 - Que el cortante mayorado en el punto de suspensión no exceda los 2/3 de la resistencia de diseño a cortante, incluyendo la resistencia a cortante del refuerzo para cortante suministrado.

C.12.10.5.2 - Que se proporcione un área de estribos adicional de la que se requiere para cortante y torsión a lo largo de cada terminación de barra o alambre de malla electrosoldada, por una distancia igual a 3/4 de la altura efectiva del elemento, a partir del punto de terminación. El área de estribos A_v adicional, no debe ser menor que $4.2b_w s / f_y$. El espaciamiento s no debe exceder de $d / (8\beta_d)$, donde β_d es la relación entre el área del refuerzo interrumpido y el área total del refuerzo a tracción en esa sección.

C.12.10.5.3 - Que para barras N° 11 (1-3/8") ó 32M (32 mm) y menores, el refuerzo que continúa sea el doble del área requerida por la flexión en el punto de interrupción y el cortante mayorado no excede el 75 por ciento de la resistencia de diseño a cortante.

C.12.10.6 - Se debe dar anclaje extremo adecuado al refuerzo a tracción en elementos sometidos a flexión donde la tracción del refuerzo no sea directamente proporcional al momento, como es el caso de zapatas inclinadas, escalonadas o de sección variable, ménsulas, elementos profundos a flexión o elementos en los cuales el refuerzo a tracción no sea paralelo a la cara de compresión. Véase C.12.11 4 y C.12.12 4 para el caso de elementos a flexión de gran altura.

C.12.11 - DESARROLLO DEL REFUERZO PARA MOMENTO POSITIVO

C.12.11.1 - Al menos 1/3 del refuerzo para momento positivo en elementos simplemente apoyados, y 1/4 del refuerzo para momento positivo en elementos continuos, debe extenderse a lo largo de la misma cara del elemento dentro del apoyo. En vigas, tal refuerzo debe extenderse dentro del apoyo al menos 150 mm.

C.12.11.2 - Cuando un elemento a flexión sea parte de un sistema primario resistente a fuerzas horizontales, el refuerzo para momento positivo que es necesario extender dentro del apoyo de acuerdo con C.12.11.1, debe anclarse para desarrollar la resistencia nominal a la fluencia f_y a tracción en la cara del apoyo

C.12.11.3 - En apoyos simples y en puntos de inflexión, el refuerzo a tracción para momento positivo debe limitarse a un diámetro tal que ℓ_d calculada para f_y , según C 12.2, cumpla la condición expresada en la ecuación C.12-2. En aquellos casos en los cuales el refuerzo termina después del centro de un apoyo simple, con un gancho estándar en su extremo o se disponga un anclaje mecánico equivalente a un gancho estándar, no hay necesidad de cumplir la ecuación C 12-2

$$\ell_d \leq \frac{M_n}{V_u} + \ell_a \quad \text{(C.12-2)}$$

donde

M_n = resistencia nominal a momento, obtenida suponiendo que todo el refuerzo de la sección está trabajando a un esfuerzo en tracción igual a la resistencia nominal a la fluencia f_y

V_u = fuerza cortante mayorada en la sección

ℓ_a = en un apoyo es igual a la longitud de anclaje más allá del centro del apoyo. En el punto de inflexión, debe limitarse a la altura efectiva del elemento, o a $12d_b$, lo que sea mayor

El valor de M_n/V_u puede aumentarse en un 30% cuando los extremos del refuerzo estén confinados por una reacción de compresión.