

CAPITULO C.20

TANQUES Y COMPARTIMENTOS ESTANCOS

C.20.0 - NOMENCLATURA

- f'_c = resistencia nominal a la compresión del concreto, en MPa
- $\sqrt{f'_c}$ = raíz cuadrada de la resistencia nominal a la compresión del concreto, en MPa.
- f_y = resistencia nominal del acero a la fluencia, en MPa.
- z = parámetro que limita la distribución y separación del acero de refuerzo para flexión. (Véase C.10.6).

C.20.1 - GENERALIDADES

C.20.1.1 ALCANCE - El presente Capítulo cubre lo concerniente a tanques y compartimentos estancos tales como piscinas, albercas, etc., que hacen parte de edificaciones.

C.20.1.1.1 - Los requisitos dados en el presente Capítulo cubren estructuras construidas con concreto reforzado vaciado en sitio y concreto prefabricado. Los requisitos para tanques de concreto preesforzado se salen del alcance del presente Capítulo.

C.20.1.1.2 - En el diseño de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria los requisitos del presente Capítulo, pueden ser insuficientes, especialmente en lo que corresponde a la exposición a ambientes agresivos.

C.20.1.2 - PROPOSITO - El propósito de los presentes requisitos es el de establecer los métodos de diseño y construcción que permitan cumplir con los objetivos de seguridad estructural y además permitan que el concreto producido

- (a) cuente con un diseño tal que controle el agrietamiento y la fisuración para impedir el flujo de líquidos entre el interior del tanque y su exterior,
- (b) sea lo suficientemente denso e impermeable para impedir la contaminación de los líquidos contenidos o que estos contaminen,
- (c) provea la máxima resistencia a los elementos químicos contenidos en el líquido, y
- (d) tenga superficies poco rugosas que minimicen la resistencia al flujo y permitan cumplir los objetivos de sanidad.

Debe tenerse especial cuidado en la construcción de este tipo de estructuras con el fin de evitar la corrosión del refuerzo y obtener un concreto lo más impermeable posible

C.20.1.3 - DISEÑO Y ANALISIS - Las fuerzas de diseño para tanques y compartimentos estancos se determinan a partir de la profundidad y peso específico de los líquidos y/o sólidos contenidos, los empujes del suelo, los equipos que se instalen, las cargas vivas sobre sus tapas o cubiertas, y las cargas hidrodinámicas que adicionalmente se producen durante un sismo, tanto impulsivas como convectivas, asociadas a la inercia del líquido dentro del tanque. Debe tenerse especial cuidado con los efectos de impacto y vibración producidos por los equipos instalados. El análisis estructural debe ser lo suficientemente preciso y bien fundamentado para que describa adecuadamente el estado de esfuerzos esperado en la estructura. Debe tenerse especial cuidado en identificar las zonas potenciales de fisuración en el concreto con el fin de tomar las precauciones necesarias para evitar la corrosión del acero de refuerzo y la pérdida de impermeabilidad. La buena calidad de la información geotécnica para la fundación de tanques apoyados sobre el terreno es de fundamental importancia para poder evitar asentamientos diferenciales que puedan causar fisuración. Los métodos de diseño se fundamentan en la obtención de la resistencia adecuada de la estructura. No obstante, debe realizarse una verificación al nivel de esfuerzos de servicio con el fin de poder garantizar el funcionamiento adecuado de la estructura. Además debe considerarse la condición de carga derivada de desagües obturados y tanque rebosando

C.20.1.4 - IMPERMEABILIDAD - La capacidad de la estructura para retener líquidos se puede garantizar, dentro de límites razonables, si:

- (a) La mezcla de concreto utilizada está adecuadamente dosificada y el concreto se consolida sin segregación.
- (b) Se limita el ancho de las fisuras en la cara de concreto en contacto con el agua, usando los métodos prescritos en C.10.6.4 y restringiendo el coeficiente z allí empleado, a un valor máximo de 17 MN/m. Además se debe cumplir estrictamente con los recubrimientos indicados en C.20.2.2.
- (c) Se disponen juntas de construcción, y de expansión con separaciones y diseños adecuados,
- (d) Se utilizan elementos de junta y empalmes adecuados para evitar las fugas, y
- (e) el refuerzo, en las cantidades apropiadas, se dispone y coloca adecuadamente.

C.20.1.4.1- Relaciones agua-material cementante - La impermeabilidad del concreto aumenta en la medida que el concreto utilizado tenga relaciones agua-material cementante lo más bajas posibles que permitan una trabajabilidad adecuada y una buena compactación.

C.20.1.4.2- Superficie del concreto - El tratamiento que se da a la superficie del concreto contribuye a la impermeabilidad cuando se utilizan acabados con llana y formaletas lo más lisas posibles.

C.20.1.4.3- Aire incorporado - La utilización de incorporadores de aire en el concreto fresco reduce la segregación del concreto y aumenta la trabajabilidad, mejorando la impermeabilidad del mismo. Las dosificaciones de los incorporadores de aire deben ser verificadas cuidadosamente en obra para evitar descensos en la resistencia del concreto. El porcentaje de aire incorporado, en caso de utilizarse, no debe ser menor del 4%, ni mayor del 6%.

C.20.1.3.4- Distribución del refuerzo - La fisuración puede minimizarse por medio de un buen diseño del refuerzo, teniendo especial cuidado en la selección de los diámetros, y su distribución y separación

C.20.1.4.5- Retracción de fraguado - Es inevitable que ocurra la retracción de fraguado, no obstante, deben tomarse todas las precauciones para minimizarla por medio de relaciones agua-material cementante apropiadas, suficiente refuerzo para retracción, disposición de juntas adecuadas y principalmente un buen curado del concreto

C.20.1.5 - DURABILIDAD - Deben cumplirse los requisitos del Capítulo C.4 con el fin de garantizar una durabilidad apropiada del concreto.

C.20.2 - CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

C.20.2.1 - CARGAS - Las cargas y fuerzas de diseño son las indicadas en el Título B del Código. Debe tenerse especial cuidado al definir los valores de las presiones de los líquidos, de los empujes del suelo y de todas las fuerzas producidas por el funcionamiento de la estructura y de los eventuales equipos sobre ella

C.20.2.1.1 - Los efectos de las presiones del agua freática deben ser tenidos en cuenta en el diseño, especialmente las subpresiones sobre los tanques desocupados. Deben tomarse precauciones para evitar la falla del tanque por efectos de flotación, disponiendo lastres adecuados. Igualmente, y de no contar con un drenaje adecuado, debe considerarse el efecto que eventuales fugas puedan tener en la evaluación del nivel freático.

C.20.2.1.2 - En los tanques enterrados a los que se les pruebe su estanqueidad antes de realizar su relleno exterior, debe contemplarse esta condición en su diseño estructural

C.20.2.2 - RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO - Como mínimo deben utilizarse los recubrimientos para el refuerzo indicados a continuación.

	Recubrimiento mínimo
Losas y viguetas:	
Refuerzo inferior y superior para condiciones secas	20 mm
Superficies en contacto permanente con el agua, la intemperie o la tierra, o losas que soportan rellenos de tierra.	
Barras N° 5 (5/8") ó 16M (16 mm), y menores	40 mm
Barras N° 6 (3/4") ó 18M (18 mm), y mayores	50 mm
Vigas y columnas:	
Para condiciones secas	
Estribos y espirales	40 mm
Refuerzo principal	50 mm
Expuesto o en contacto permanente con el agua, la intemperie o la tierra:	
Estribos y espirales	50 mm
Refuerzo principal	65 mm
Muros y paredes:	
Para condiciones secas	20 mm
Expuesto o en contacto permanente con el agua, la intemperie o la tierra:	
Tanques circulares con tracción anular	55 mm
Otros tanques	50 mm
Zapatas y losas de fundación:	
Todas la superficies vaciadas y en contacto permanente con la tierra	75 mm
Otros refuerzos, como en losas	

C.20.2.3 - ESPESOR MINIMO DE MUROS Y LOSAS - El espesor mínimo de los muros y losas está controlado por el recubrimiento mínimo requiendo para el refuerzo y por las consideraciones de resistencia e impermeabilidad. No deben emplearse espesores menores de 200 mm; y los muros y losas con alturas libres o luces mayores de 3.50 m deben tener un espesor mínimo de 250 mm.

TABLA C.20-1
CUANTIAS MINIMAS DE RETRACCION DE FRAGUADO Y VARIACION DE TEMPERATURA

Separación entre juntas de disipación de retracción, o variación de temperatura, en m	$f_y = 240 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$
≤ 6	0 0028	0 0028
7	0.0032	0.0028
8	0 0036	0.0028
9	0.0041	0.0033
10	0.0044	0.0035
11	0 0047	0 0037
12	0 0052	0 0041
13	0.0053	0.0042
14	0.0054	0 0044
15	0.0056	0.0046
16	0.0057	0 0047
17	0 0058	0 0048
≥ 18	0.0060	0 0050

C.20.2.4 - REFUERZO DE RETRACCION Y TEMPERATURA - El refuerzo de retracción y temperatura deben ser barras corrugadas al menos N° 3 (3/8") ó 10 M (10 mm) para muros y losas de 200 mm de espesor y N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) para muros y losas de más de 200 mm de espesor. La separación máxima del refuerzo es de 300 mm centro a centro en cada cara.

La cuantía de refuerzo de retracción y variación de temperatura calculada sobre el área bruta de la sección, es función de la separación entre juntas de disipación de retracción en la dirección del refuerzo, según se indica en la tabla C 20-1. No se deben emplear cuantías inferiores a las especificadas en la tabla C.20-1 en ningún caso.

C.20.3 - DISEÑO ESTRUCTURAL

C.20.3.1 - GENERAL - El diseño estructural de tanques y otros compartimentos estancos debe realizarse para los estados límites de resistencia y funcionamiento, tal como los define el Capítulo C 8. El diseño tiene como objetivo particular minimizar el agrietamiento y la fisuración, lo que da lugar a los requisitos adicionales indicados a continuación.

C.20.3.2 - METODOLOGIA DE DISEÑO - El diseño estructural para flexión puede realizarse por cualquiera de los dos métodos aceptados por el Título C:

- (a) el método de la resistencia, tal como lo define el Título B, y aplicando los principios enunciados en los Capítulos C.9 y C 10, y
- (b) el método de los esfuerzos de trabajo, tal como los define el Título B y siguiendo los principios enunciados en el Apéndice C-A (Este método solo se permite para el diseño en flexión).

C.20.3.3 - METODO DE LA RESISTENCIA - Se deben utilizar los coeficientes de carga indicados en B.2.4 con las siguientes excepciones

- (a) el coeficiente de carga para fluidos, F , debe ser 1.7 en vez del indicado en B 2 4 4,
- (b) el resultado de las ecuaciones de combinación de carga, U , dadas en B 2 4 2 cuando se utilicen para determinar refuerzo de flexión, debe ser multiplicado por 1.3.
- (c) en los cálculos para determinar el refuerzo en situaciones de tracción axial, incluyendo los esfuerzos de tracción anulares en tanques circulares, la resistencia requerida debe ser $1.65 U$.

- (d) cuando se utilizan las combinaciones de carga de B.2.4.2 en el diseño de refuerzo para cortante, el exceso de cortante requerido por encima del que resiste el concreto, ϕv_c , debe ser multiplicado por 1.3, y
- (e) en el cálculo de la determinación de la región de compresión por flexión, para cargas axiales de compresión, y para todas las fuerzas que son soportadas por el concreto, la resistencia requerida debe ser 1.0 U

C.20.3.4 - METODO DE LOS ESFUERZOS DE TRABAJO - Cuando se utilice el método de los esfuerzos de trabajo para el diseño de elementos en flexión, deben seguirse los principios del Apéndice C-A y las combinaciones de carga indicadas en B.2.3. Los esfuerzos de trabajo para el concreto son los indicados en C.20.3.4.1, y los esfuerzos de trabajo para el acero de refuerzo son los indicados en C.20.3.4.2.

C.20.3.4.1 - Esfuerzos de trabajo para el concreto en tanques - Los esfuerzos de trabajo permitidos para el concreto en flexión, para tanques y otros compartimentos estancos, son los indicados a continuación:

Fibra extrema en compresión	0.45 f'_c
Fibra extrema en tracción en zapatas y muros de concreto simple	0.13 $\sqrt{f'_c}$
Esfuerzos de contacto sobre el área total	0.250 f'_c
Esfuerzos de contacto sobre un tercio del área, o menos	0.375 f'_c

C.20.3.4.2 - Esfuerzos de trabajo para el acero de refuerzo en tanques - Los esfuerzos de trabajo permitidos para el acero en flexión, para tanques y otros compartimentos estancos, son los indicados en la tabla C.20-2:

**TABLA C.20-2
ESFUERZOS ADMISIBLES EN EL ACERO DE REFUERZO**

Diámetro barras	Esfuerzo máximo admisible para esfuerzos de trabajo (MPa)	
	$f_y = 240$ MPa	$f_y = 420$ MPa
Elementos en tracción directa (barra de todos los diámetros)	100	140
N° 3 (3/8") a N° 5 (5/8") 10M (10 mm) a 18M (18 mm)	140	190
N° 6 (3/4") a N° 8 (1") 20M (20 mm) a 25M (25 mm)	140	155
N° 9 (1-1/8") a N° 11 (1-3/8") 32M (32 mm)	140	148

C.20.3.5 - EMPALMES DEL REFUERZO - Los empalmes del refuerzo deben cumplir los requisitos del Capítulo C.12

C.20.3.6 - DISTRIBUCION DEL REFUERZO - El refuerzo de flexión debe cumplir los requisitos de C.10.6 respecto a su distribución y separación. El empleo en tanques y compartimentos estancos de la ecuación C.10-5, de C.10.6.4, debe realizarse para valores del parámetro z que no excedan 20.5 MN/m. Cuando se trate de tanques con contenidos especialmente agresivos para el concreto, deben utilizarse valores del parámetro z que no excedan 17 MN/m. No obstante los valores obtenidos, el refuerzo de flexión no puede tener separaciones mayores de 300 mm centro a centro.

C.20.4 - JUNTAS

C.20.4.1 - GENERAL - El concreto sufre cambios volumétricos debidos a la retracción de fraguado, el flujo plástico, y las variaciones en la temperatura y en el contenido de humedad. Con el fin de minimizar los efectos nocivos de estos cambios volumétricos, deben disponerse juntas y detalles especiales del acero de refuerzo. Las juntas deben estar

claramente marcadas en los planos y debe darse allí suficiente información para garantizar que la construcción se realice adecuadamente

C.20.4.2 - JUNTAS PARA COMPENSAR MOVIMIENTOS - Deben cumplirse los siguientes requisitos en la definición de los tipos de junta a utilizar para compensar los cambios volumétricos y de geometría causados por la retracción de fraguado, el flujo plástico, las variaciones en la temperatura y en el contenido de humedad, y los asentamientos diferenciales.

C.20.4.2.1 - Juntas de expansión - Las juntas de expansión se utilizan para permitir la expansión y contracción del concreto durante el período de curado y durante el tiempo de servicio de la estructura para permitir cambios dimensionales debidos a las cargas y a los asentamientos diferenciales de la estructura, y cambios volumétricos debidos a variación de la temperatura. Las juntas de expansión pueden cumplir, además, la función de juntas de contracción y de construcción. En general las juntas de expansión deben localizarse cerca a los cambios abruptos de la geometría de la estructura. En las juntas de expansión de losas sobre el terreno debe tenerse especial cuidado con el efecto de restricción que ejerce el suelo. Las juntas de expansión deben ser capaces de transferir los esfuerzos cortantes a través de la junta, causados por las deflexiones diferenciales de los elementos adyacentes, y diseñarse de tal manera que puedan ocurrir movimientos en la junta sin afectarse su impermeabilidad. Las juntas de expansión deben tener algún tipo de relleno preformado y compresible, una barrera de caucho, neopreno, plástico u otro material que cumpla la función de impedir el paso del líquido contenido. Tanto el relleno como la barrera deben ser capaces de resistir adecuadamente los movimientos que se presenten en la junta. El refuerzo se debe terminar a 50 mm de la cara de la junta de expansión

C.20.4.2.2 - Barreras contra el paso del agua - Las barreras pueden ser de caucho, de cloruro de polivinilo (PVC), acero, o de otro material. Las primeras se utilizan en juntas donde se esperan mayores movimientos. Para las barreras de caucho y de PVC, el espesor mínimo es de 9.5 mm y deben tener un ancho mínimo de 220 mm para juntas de expansión y de 150 mm para otras juntas, el cual se repartirá mitad y mitad entre los dos concretos al lado de la junta. Cuando sean de acero deben ser de platina de 6 mm (1/4") y deben estar embebidas a cada lado de la junta un mínimo de 75 mm y un doblado central cuyo tamaño dependerá del movimiento esperado

C.20.4.2.3 - Rellenos - Los rellenos preformados cumplen la función doble de servir como formaleta para el vaciado del concreto de segundo lado de la junta y de preservar el espacio donde pueda ocurrir la expansión. El elemento de relleno ideal debe ser capaz de resistir compresiones hasta de la mitad de su espesor y de expandirse posteriormente para llenar el espacio original cuando los elementos al lado de la junta se contraen. En general se utiliza corcho, neopreno, caucho, poliuretano (plástico espumoso o icopor), y otros materiales. La madera no puede utilizarse como relleno

C.20.4.2.4 - Juntas de contracción - La función principal de las juntas de contracción, o de disipación de retracción, es la de reducir los esfuerzos producidos por la retracción de fraguado del concreto. Se utilizan dos tipos de juntas de contracción, de profundidad parcial o de profundidad total. Los requisitos para unas y otras son los siguientes:

(a) de profundidad total - En las juntas de contracción de profundidad total el refuerzo se suspende a 50 mm de la junta. En la cara del concreto que se vacía en primera etapa de la junta se coloca un compuesto que evite la adherencia de este concreto con el de segunda etapa. La junta debe tener una barrera del tipo indicado en C.20.4.2.2. Cuando se deba transferir esfuerzos cortantes de una lado al otro de la junta, pueden utilizarse barras de transferencia (dowels) engrasadas. La separación entre estas juntas no debe ser mayor a la indicada en la tabla C 20-1 para todas las cuantías mínimas anotadas allí

(b) de profundidad parcial - Las juntas de contracción de profundidad parcial se utilizan cuando se desea transferir parte de los esfuerzos de tracción a través de la junta para amarrar las dos partes de la estructura. El refuerzo que pasa no puede ser más del 50 por ciento del refuerzo perpendicular a la junta. Estas juntas se deben espaciar a distancia del orden de las 2/3 partes de las juntas de profundidad total.

C.20.4.2.5 - Juntas de construcción - Las juntas de construcción no pueden considerarse como juntas de expansión, a menos que se diseñen siguiendo los requisitos de C 20 4 2 1. Las juntas de construcción deben localizarse de tal manera que cumplan los siguientes requisitos:

- (a) deben tener el menor efecto posible sobre la resistencia de la estructura, y
- (b) deben separar la estructura en segmentos que faciliten su construcción

Las juntas de construcción deben prepararse antes de vaciar el concreto de segunda etapa contra la junta, para garantizar una buena adherencia entre los concretos. Todo el refuerzo debe continuarse a través de la junta de construcción. En aquellos lugares donde la junta deba ser impermeable, debe colocarse una barrera contra el paso del agua, como las indicadas en C 20 4 2 2.

C.20.4.2.6 - Llaves de cortante - Las llaves de cortante, cuando se utilicen, deben diseñarse y construirse cuidadosamente con el fin de que no interfieran con las barreras contra el paso del agua.

C.20.5 - CONSTRUCCION

C.20.5.1 - GENERAL - A continuación se indican algunos requisitos generales de construcción de tanques y compartimentos estancos, adicionales a los dados en los Capítulos C 4 a C.7.

C.20.5.2 - AGREGADOS - Los agregados gruesos deben ser del mayor tamaño posible, iniciando con un tamaño efectivo máximo de 25 mm, sin exceder 1/5 de la menor dimensión entre caras de las formaletas, 1/3 del espesor de las losas, o 3/4 de la separación libre mínima entre barras de refuerzo. En general el uso de concreto bombeado incrementa las retracciones de fraguado y debe evitarse a menos que se tomen precauciones especiales

C.20.5.3 - DOSIFICACION DE LAS MEZCLAS - Las mezclas de concreto deben dosificarse de tal manera que su relación agua-material cementante no exceda 0.45. El asentamiento máximo (slump), medido en el lugar de colocación del concreto, después de que ha sido transportado dentro de la obra, no debe ser menor de 25 mm para pisos, ni menores de 100 mm para muros. La masa de material cementante no debe ser menor de 330 kg/m³, y la resistencia del concreto no debe ser menor de 24 MPa

C.20.5.4 - COMPACTACION - Inmediatamente se coloque el concreto dentro de las formaletas, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueros

C.20.5.5 - CURADO - El buen curado del concreto es fundamental en la obtención de concretos impermeables. En general el concreto debe mantenerse húmedo por el mayor tiempo posible después de que ha dejado de ser plástico, durante un período mínimo de siete días



CAPITULO C.21

REQUISITOS PARA ESTRUCTURAS CON CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA MINIMA (DMI), MODERADA (DMO) Y ESPECIAL (DES), PARA DISEÑO SISMO RESISTENTE

C.21.0 - NOMENCLATURA

- A_{ch} = área de la sección de un elemento estructural, medida hasta la parte exterior del refuerzo transversal, en mm^2
- A_{cp} = área de la sección de concreto que resiste esfuerzos cortantes, de una porción de un muro estructural o de un segmento horizontal de muro, mm^2 .
- A_{cv} = área neta de la sección de concreto definida por el ancho del alma y la longitud de la sección en la dirección de la fuerza cortante en estudio, mm^2 .
- A_g = área bruta de la sección, en mm^2
- A_j = área efectiva dentro de un nudo, véase C.21.5.3. en un plano paralelo al plano del refuerzo que genera el cortante en el nudo. La altura de la sección efectiva del nudo debe ser la altura total de la sección de la columna. En aquellos casos en que una viga llega a un nudo que tiene un ancho mayor que la viga, el ancho efectivo del nudo no debe exceder al más pequeño de el ancho de la viga más la altura efectiva del nudo, o dos veces la distancia perpendicular más corta medida desde el eje longitudinal de la viga al lado de la columna, véase C 21.5.3.
- A_{sh} = área total del refuerzo transversal, incluyendo estribos suplementarios, que existe en una distancia s y perpendicular a la dimensión h_c , en mm^2 .
- A_{vd} = área total del refuerzo en diagonal, en cada grupo, en mm^2 .
- b = ancho efectivo del ala de compresión de una sección, en mm.
- b_w = ancho del alma, o diámetro de una sección circular, en mm.
- d = altura efectiva de la sección del elemento, en mm
- d_b = diámetro de la barra de refuerzo, en mm.
- E = efecto de las fuerzas sísmicas, o las fuerzas internas y momentos causados por el sismo
- f'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, en MPa
- $\sqrt{f'_c}$ = raíz cuadrada de la resistencia nominal del concreto a la compresión, en MPa.
- f_y = resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo, en MPa.
- f_{yh} = resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo transversal, en MPa
- h_c = dimensión de la sección del núcleo confinado de una columna medida centro a centro del refuerzo transversal de confinamiento que está más afuera en la sección, en mm.
- h_w = altura total del muro estructural (o diafragma) o del segmento de muro bajo estudio, en mm.
- l_d = longitud de desarrollo de una barra recta de refuerzo
- l_{dh} = longitud de desarrollo de una barra con un gancho estándar, como la define la ecuación C 21-5.
- l_o = longitud mínima, medida a lo largo del eje longitudinal del elemento desde la cara del nudo, a lo largo de la cual debe colocarse refuerzo de confinamiento
- l_w = longitud total del muro estructural (o diafragma) o del segmento de muro bajo estudio, que se considera en la dirección de la fuerza cortante.
- M_n = resistencia nominal a momento flector de un elemento, con o sin fuerza axial, determinado utilizando las propiedades del elemento en la cara del nudo y con un coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , igual a 1.0
- M_{pr} = resistencia probable a momento flector de un elemento, con o sin fuerza axial, determinado utilizando las propiedades del elemento en la cara del nudo y suponiendo que la resistencia a la fluencia del acero de refuerzo es 1.25 f_y y con un coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , igual a 1.0.
- M_s = porción del momento de la losa en el apoyo que se equilibra con el momento del elemento de apoyo
- P_u = resistencia nominal para carga axial para excentricidad de cero
- s = espaciamiento del refuerzo transversal, medido a lo largo del eje longitudinal del elemento, en mm.
- s_0 = separación máxima del refuerzo transversal de confinamiento, en mm
- v_c = resistencia nominal a los esfuerzos cortantes contribuida por el concreto, en MPa (véase el Capítulo C.11).
- V_e = fuerza cortante de diseño, determinada siguiendo los requisitos de C 21.3.4 y C 21.4.5
- V_n = resistencia nominal para fuerza cortante.
- V_u = fuerza cortante mayorada en la sección.

- α = ángulo entre el refuerzo en diagonal y el eje longitudinal de la viga de enlace.
- α_c = coeficiente que define la contribución relativa de la resistencia del concreto en la resistencia a fuerzas cortantes de un muro estructural Véase la ecuación C 21-7.
- ρ = cuantía de refuerzo de tracción no presforzado.
- $$\rho = \frac{A_s}{b d}$$
- ρ_g = cuantía de refuerzo longitudinal de la columna calculada sobre el área total de la sección.
- ρ_n = cuantía del refuerzo para cortante distribuido en un plano perpendicular a A_{cv}
- ρ_s = cuantía volumétrica del refuerzo en espiral, calculada como el cociente entre el volumen de acero en espiral y el volumen del núcleo de concreto confinado, medido hasta la parte exterior de la espiral.
- ρ_v = cuantía del refuerzo de cortante, calculada como la proyección en A_{cv} del área del refuerzo de cortante, A_{sv} , que atraviesa el plano A_{cv} .
- ϕ = coeficiente de reducción de resistencia (véase C 9 3).

C.21.1 - DEFINICIONES

Base de la estructura ("base of structure") - Nivel al cual se supone que los movimientos sísmicos son transferidos al edificio Este nivel no necesariamente coincide con el nivel del terreno.

Cercha o armadura estructural ("structural trusses") - Ensamblaje de elementos de concreto estructural que trabajan primordialmente bajo cargas axiales.

Combinaciones de las cargas de diseño ("design load combinations") - Combinaciones de las fuerzas y cargas mayoradas especificadas en B.2.4

Concreto del recubrimiento ("shell concrete") - Es el concreto localizado por fuera del refuerzo transversal de confinamiento

Diafragmas estructurales ("structural diaphragms") - Son conjuntos de elementos estructurales, tales como las losas de entrepiso o de cubierta, que transmiten las fuerzas inerciales a los elementos del sistema de resistencia sísmica

Elementos colectores ("collector elements") - Elementos que sirven para transmitir las fuerzas inerciales dentro del diafragma, hasta los elementos del sistema vertical de resistencia sísmica.

Elementos de amarre ("ties") - Son elementos que sirven para transmitir las fuerzas inerciales e impiden la separación entre componentes de la edificación tales como zapatas y muros Elemento utilizado para dar continuidad alrededor de aberturas y huecos en un diafragma.

Elementos de borde ("boundary elements") - Parte del borde de la sección muros estructurales y diafragmas que se refuerza con armadura longitudinal y transversal Los elementos de borde no tienen que ser más anchos que el elemento Los bordes de las aberturas de los muros estructurales y diafragmas deben tener elementos de borde si así lo requiere el Capítulo C 21

Estribo de confinamiento ("hoop") - Es un estribo rectangular cerrado, de barra de diámetro al menos N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm), o un estribo continuo enrollado alrededor del refuerzo longitudinal. Los estribos de confinamiento pueden componerse de varios elementos de refuerzo, pero todos ellos deben tener en sus extremos ganchos sísmicos de 135°, o más, con una extensión de 6 diámetros de barra pero no menor de 75 mm, que abrazan el refuerzo longitudinal y se proyectan hacia el interior de la sección del elemento. Los estribos de confinamiento deben cumplir los mismos requisitos dados para estribos de columna en el literal (c) de C 7.10.3

Estribo suplementario ("crosstie") - Es un elemento de refuerzo transversal fabricado con barra de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) o mayor, que tiene un gancho sísmico de 135°, o más, en sus extremos con una extensión de 6 diámetros de barra, pero no menor de 75 mm, y se permite que en uno de los extremos se utilice un gancho de 90°, o más, con una extensión de 6 diámetros de barra. Los ganchos deben abrazar las barras longitudinales de la periferia de la sección Los extremos doblados de 90° de dos estribos suplementarios que abracen las mismas barras longitudinales deben alternarse de extremo Los estribos suplementarios deben ser fabricados del mismo diámetro y resistencia a la fluencia de los estribos de confinamiento principales.

Fuerzas mayoradas (“factored loads and forces”) - Cargas que han sido afectadas por un coeficiente de carga de acuerdo con las ecuaciones de combinación y mayoración dadas en el Título B. Véase B 2 1

Fuerzas sísmicas especificadas (“specified lateral forces”) - Son las fuerzas sísmicas horizontales correspondientes a la distribución en la altura de la edificación del cortante sísmico en la base que prescribe el Título A del Reglamento.

Gancho sísmico (“seismic hook”) - Es el gancho que debe formarse en los extremos de los estribos de confinamiento y estribos suplementarios, consistente en un doblez de 135°, o más, con una extensión de 6 diámetros de la barra, pero no menor de 75 mm, que abraza el refuerzo longitudinal del elemento y se proyecta hacia el interior de la sección del elemento.

Longitud de desarrollo con gancho estándar (“development length for a bar with a standard hook”) - Es la distancia más corta entre la sección crítica donde la barra debe desarrollar su resistencia total, y una tangente a la cara exterior del gancho de 90° o de 180°

Muro estructural (“structural walls”) - Son muros que se dimensionan y diseñan para que resistan la combinación de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales inducidas por cargas verticales y horizontales. Un “muro de cortante” (shearwall) es un “muro estructural”. Para efectos de la diferencia en el refuerzo transversal de muros y columnas, debe consultarse C.14.3.6.

Riostra (“strut”) - Es un elemento de un diafragma estructural que se utiliza para proveer continuidad alrededor de una abertura en el diafragma.

Sistema de resistencia sísmica (“lateral-force resisting system”) - Es aquella parte de la estructura compuesta por elementos diseñados para resistir las fuerzas provenientes de los efectos sísmicos.

C.21.2 - REQUISITOS GENERALES

C.21.2.1 - ALCANCE - Los requisitos del presente Capítulo deben seguirse en el diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado en las cuales su habilidad para resistir los movimientos sísmicos se determinan con base en su capacidad de disipación de energía en el rango inelástico de respuesta.

C.21.2.1.1 - Grados de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico - Se reconocen tres grados de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, a saber

- DMI** - capacidad de disipación de energía mínima,
- DMO** - capacidad de disipación de energía moderada, y
- DES** - capacidad de disipación de energía especial.

C.21.2.1.2 - Zonas de amenaza sísmica - De acuerdo con la localización de la estructura dentro de las diferentes zonas de amenaza sísmica definidas en el Título A del Reglamento, se permite y se prohíbe (A 3 y C 1.1.5) el uso de ciertos grados de capacidad de disipación de energía

C.21.2.1.3 - Deben cumplirse los requisitos de los Capítulos C 1 a C 19, exceptuando las modificaciones que se indiquen en el presente Capítulo y para cada uno de los grados de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

C.21.2.2 - ANALISIS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES - El análisis estructural debe realizarse de acuerdo con los requisitos de los Títulos A y C del Reglamento, teniendo en cuenta los siguientes aspectos adicionales.

C.21.2.2.1 - Debe tenerse en cuenta la interacción entre todos los elementos estructurales y no estructurales que puedan afectar la respuesta elástica e inelástica de la estructura cuando ésta se vea sometida a los movimientos sísmicos de diseño

C.21.2.2.2 - Debe considerarse el efecto en la respuesta sísmica de la estructura de los elementos estructurales que no sean parte del sistema de resistencia sísmica. Las consecuencias de la falla de los

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sismo resistente

elementos estructurales y no estructurales que no sean parte del sistema de resistencia sísmica debe tenerse en cuenta. Al respecto deben consultarse los Capítulos A 8 y A 9

C.21.2.2.3 - Los elementos estructurales que se encuentren localizados por debajo de la base de la edificación, tal como se define en C 21 1, deben cumplir también con los requisitos del presente Capítulo

C.21.2.2.4 - Los elementos estructurales que no sean parte del sistema de resistencia sísmica deben diseñarse siguiendo los requisitos de C.21 7 y del Capítulo A.8

C.21.2.3 - COEFICIENTES DE REDUCCION DE RESISTENCIA - Deben utilizarse los coeficientes de reducción de resistencia, ϕ , dados a continuación.

COEFICIENTES DE REDUCCION DE RESISTENCIA, ϕ		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
Sección C 9 3 2.	Sección C 9 3 2, con las modificaciones de C 9 3 5.	Sección C 9.3 2, con las modificaciones de C 9 3.4.

C.21.2.4 - CONCRETO EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA - La resistencia nominal a la compresión, f'_c , no debe ser menor que los siguientes valores:

CONCRETO EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
Sin límite	$f'_c \geq 21$ MPa	$f'_c \geq 21$ MPa

C.21.2.5 - ACERO DE REFUERZO EN ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA - El acero de refuerzo en los elementos del sistema de resistencia sísmica debe cumplir los siguientes requisitos

ACERO DE REFUERZO EN ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
Para refuerzo longitudinal y transversal debe utilizarse refuerzo corrugado que cumpla los requisitos de C 3 5 3, pero para refuerzo transversal se permite acero liso que cumpla los requisitos de C.3.5.5.	Para refuerzo longitudinal y transversal debe utilizarse refuerzo corrugado que cumpla los requisitos de C.3 5 3, pero para refuerzo transversal se permite acero liso que cumpla los requisitos de C 3 5 5.	Para refuerzo longitudinal y transversal debe utilizarse refuerzo corrugado que cumpla los requisitos de C.3 5 3. No se permite acero liso en refuerzo longitudinal ni transversal de elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica, exceptuando en las espirales

C.21.2.6 - EMPALMES MECANICOS Y SOLDADOS DEL ACERO DE REFUERZO - Los empalmes mecánicos y soldados del acero de refuerzo de los elementos del sistema de resistencia sísmica deben cumplir los requisitos de C.12.14 3, con los siguientes requisitos adicionales:

EMPALMES MECANICOS Y SOLDADOS DEL ACERO DE REFUERZO		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
Ningún requisito adicional	Ningún requisito adicional	(a) Los empalmes mecánicos y soldados del acero de refuerzo longitudinal deben hacerse en barras alternas dentro de la misma capa de acero y la distancia mínima, centro a centro, entre empalmes de barras adyacentes debe ser 600 mm medidos a los

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sísmo resistente

		largo del eje del elemento.
		(b) No se permite soldar estribos, insertos, u otros elementos al acero longitudinal requerido por diseño.

C.21.3 - VIGAS DE PORTICOS

C.21.3.1 - ALCANCE - Los requisitos de la presente sección se aplican a elementos del sistema de resistencia sísmica que resisten principalmente flexión. Estos elementos deben cumplir además los siguientes requisitos adicionales:

REQUISITOS GEOMÉTRICOS PARA LAS VIGAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
(a) La fuerza axial mayorada en el elemento no debe exceder $0.10f_c' A_g$	(a) La fuerza axial mayorada en el elemento no debe exceder $0.10f_c' A_g$	(a) La fuerza axial mayorada en el elemento no debe exceder $0.10f_c' A_g$
		(b) La luz libre del elemento no debe ser menor que $4d$.
		(c) $\frac{b_w}{d} \geq 0.3$
	(b) $b_w \geq 0.20 \text{ m}$	(d) $b_w \geq 0.25 \text{ m}$
		(e) El ancho, b_w , de la viga no debe ser mayor que el ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga, más una distancia a cada lado del apoyo, igual a $3/4 d$ de la viga.
	(c) La excentricidad respecto a la columna que le da apoyo no debe ser mayor que el 25% del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga	(f) La excentricidad respecto a la columna que le da apoyo no debe ser mayor que el 25% del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga

C.21.3.2 - REFUERZO LONGITUDINAL EN VIGAS - El refuerzo longitudinal de las vigas que sean parte del sistema de resistencia sísmica debe cumplir los siguientes requisitos:

REFUERZO LONGITUDINAL EN VIGAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales diferentes a los dados en los Capítulos C 1 a C 19.	(a) En cualquier sección de la viga el refuerzo superior e inferior no debe tener una cuantía, ρ , inferior a la que se obtiene con la ecuación C 10-3, ni debe exceder 0.025. Debe haber al menos dos barras continuas con diámetro igual o superior a N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm), tanto arriba como abajo	(a) En cualquier sección de la viga el refuerzo superior e inferior no debe tener una cuantía, ρ , inferior a la que se obtiene con la ecuación C 10-3, ni debe exceder 0.025. Debe haber al menos dos barras continuas con diámetro igual o superior a N° 5 (5/8") ó 16M (16 mm), tanto arriba como abajo
	(b) La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que 1/3 de la resistencia	(b) La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que 1/2 de la resistencia

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sismo resistente

	a momento negativo en la misma cara del nudo. La resistencia a momento, tanto positivo como negativo, en cualquier sección a lo largo de la viga, no puede ser menor que 1/5 de la resistencia máxima a momento del elemento en cualquiera de los nudos.	a momento negativo en la misma cara del nudo. La resistencia a momento, tanto positivo como negativo, en cualquier sección a lo largo de la viga, no puede ser menor que 1/4 de la resistencia máxima a momento del elemento en cualquiera de los nudos.
	(c) Al menos el 60% del refuerzo longitudinal superior e inferior de las vigas que sean parte del sistema de resistencia sísmica, debe atravesar el núcleo de cada columna que intersecte la viga.	(c) Al menos el 60% del refuerzo longitudinal superior e inferior de las vigas que sean parte del sistema de resistencia sísmica, debe atravesar el núcleo de cada columna que intersecte la viga.
	(d) No se permiten empalmes por traslapo dentro de los nudos.	(d) No se permiten empalmes por traslapo en los siguientes lugares: <ul style="list-style-type: none"> dentro de los nudos, dentro de una distancia igual a 2d de la cara del nudo, y en aquellos lugares donde el análisis indique que puede haber plastificación por flexión causada por los desplazamientos inelásticos de la estructura
		(e) Se permiten empalmes por traslapo del refuerzo en lugares diferentes a los indicados en (d), solo si se proveen estribos de confinamiento a todo lo largo del empalme por traslapo. La separación máxima del refuerzo transversal que confina el empalme por traslapo no puede exceder $d/4$ ó 100 mm.
		(f) Los empalmes mecánicos o soldados deben cumplir los requisitos de C 21.2.6

C.21.3.3 - REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGAS - El refuerzo transversal de las vigas que sean parte del sistema de resistencia sísmica debe cumplir los siguientes requisitos:

REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
(a) Deben colocarse estribos de confinamiento al menos de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) por una distancia igual a 2d, medida hacia el centro del elemento a partir de la cara del apoyo, en ambos extremos de la viga	(a) Deben colocarse estribos de confinamiento al menos de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) en los siguientes lugares: <ul style="list-style-type: none"> por una distancia igual a 2d, medida hacia el centro del elemento a partir de la cara del apoyo, en ambos extremos de la viga, y por una distancia igual a 2d, a ambos lados de aquellos lugares donde el análisis 	(a) Deben colocarse estribos de confinamiento al menos de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) en los siguientes lugares: <ul style="list-style-type: none"> por una distancia igual a 2d, medida hacia el centro del elemento a partir de la cara del apoyo, en ambos extremos de la viga, y por una distancia igual a 2d, a ambos lados de aquellos lugares donde el análisis

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sísmo resistente

	indique que puede haber plastificación por flexión causada por los desplazamientos inelásticos de la estructura	indique que puede haber plastificación por flexión causada por los desplazamientos inelásticos de la estructura.
(b) El primer estribo de confinamiento debe colocarse al menos a 50 mm de la cara del apoyo. El máximo espaciado de los estribos de confinamiento no puede exceder $d/2$	(b) El primer estribo de confinamiento debe colocarse al menos a 50 mm de la cara del apoyo. El máximo espaciado de los estribos de confinamiento no puede exceder: <ul style="list-style-type: none"> • $d/4$, • $8d_b$ de la barra longitudinal de menor diámetro, • $24d_b$ de la barra del estribo de confinamiento, ó • 300 mm 	(b) El primer estribo de confinamiento debe colocarse al menos a 50 mm de la cara del apoyo. El máximo espaciado de los estribos de confinamiento no puede exceder: <ul style="list-style-type: none"> • $d/4$, • $8d_b$ de la barra longitudinal de menor diámetro, • $24d_b$ de la barra del estribo de confinamiento, ó • 300 mm
	(c) Donde se requieran estribos de confinamiento, las barras longitudinales del perímetro de la sección de la viga deben tener el soporte lateral exigido por el literal (c) de C.7.10.3.	(c) Donde se requieran estribos de confinamiento, las barras longitudinales del perímetro de la sección de la viga deben tener el soporte lateral exigido por el literal (c) de C.7.10.3.
	(d) Donde no se requieran estribos de confinamiento, el espaciado máximo de los estribos debe ser $d/2$ a todo lo largo del elemento. Estos estribos deben ser al menos de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) y tener en sus extremos ganchos sísmicos de 135° abrazando el refuerzo longitudinal	(d) Donde no se requieran estribos de confinamiento, el espaciado máximo de los estribos debe ser $d/2$ a todo lo largo del elemento. Estos estribos deben ser al menos de diámetro N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) y tener en sus extremos ganchos sísmicos de 135° abrazando el refuerzo longitudinal.
(c) El refuerzo requerido para resistir esfuerzos cortantes que esté localizado en las regiones definidas en (a) debe consistir en estribos que cumplan los requisitos de estribo de confinamiento.	(e) El refuerzo requerido para resistir esfuerzos cortantes que esté localizado en las regiones definidas en (a) debe consistir en estribos que cumplan los requisitos de estribo de confinamiento	(e) El refuerzo requerido para resistir esfuerzos cortantes que esté localizado en las regiones definidas en (a) debe consistir en estribos que cumplan los requisitos de estribo de confinamiento

C.21.3.4 - REQUISITOS PARA ESFUERZOS CORTANTES EN VIGAS - El diseño para esfuerzos cortantes y tracción diagonal en vigas que sean parte del sistema de resistencia sísmica debe realizarse de la siguiente manera:

REQUISITOS PARA ESFUERZOS CORTANTES EN VIGAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales	(a) La fuerza cortante de diseño V_c debe determinarse de la consideración de la porción de las fuerzas estáticas de la longitud del elemento que se encuentra entre las caras de los apoyos y de la resistencia a flexión del elemento. Debe suponerse que el elemento está sometido a la carga mayorada vertical aferente y que en las caras de los apoyos del elemento actúan momentos de signo opuesto con una magnitud igual a la resistencia	(a) La fuerza cortante de diseño V_c debe determinarse de la consideración de la porción de las fuerzas estáticas de la longitud del elemento que se encuentra entre las caras de los apoyos y de la resistencia a flexión del elemento. Debe suponerse que el elemento está sometido a la carga mayorada vertical aferente y que en las caras de los apoyos del elemento actúan momentos de signo opuesto con una magnitud igual a la resistencia

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sismo resistente

	nominal a flexión, M_n	probable a flexión, M_{pr}
	(b) Alternativamente a los requisitos contenidos en (a) la fuerza cortante de diseño V_e puede obtenerse de las combinaciones de mayoración de carga que incluyan efectos sísmicos, tomando el factor de mayoración igual al doble del prescrito por el Título B. Esta operación puede realizarse utilizando un valor de 2.0 para el factor de carga de E en la ecuaciones B.2 4-4 y B 2 4-5.	(b) En la determinación del refuerzo transversal dentro de las zonas confinadas de las vigas, requerido para esfuerzos cortantes, el esfuerzo cortante resistido por el concreto, v_c , debe suponerse igual cero, si se cumplen las dos condiciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • la fuerza cortante de diseño, calculada como se indica en (a), correspondiente a los efectos sísmicos es mayor que la mitad de la fuerza cortante total de diseño en la zona confinada • la fuerza axial mayorada, incluyendo los efectos sísmicos, es menor que $0.05 f'_c A_g$

C.21.4 - COLUMNAS

C.21.4.1 - ALCANCE - Los requisitos de la presente sección se aplican a elementos del sistema de resistencia sísmica que resisten principalmente flexo-compresión. Estos elementos deben cumplir además los siguientes requisitos adicionales:

REQUISITOS GEOMETRICOS PARA LAS COLUMNAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
(a) La fuerza axial mayorada en el elemento es mayor que $0.10 f'_c A_g$	(a) La fuerza axial mayorada en el elemento es mayor que $0.10 f'_c A_g$	(a) La fuerza axial mayorada en el elemento es mayor que $0.10 f'_c A_g$
(b) La menor dimensión de la sección del elemento, medida en una línea recta que pasa a través del centroide de la sección, no debe ser menor que 0.20 m, pero su área no puede ser menor de 0.600 m^2 (véase C 10.8.4)	(b) La menor dimensión de la sección del elemento, medida en una línea recta que pasa a través del centroide de la sección, no debe ser menor que 0.25 m. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20 m pero su área no puede ser menor de 0.625 m^2 .	(b) La menor dimensión de la sección del elemento, medida en una línea recta que pasa a través del centroide de la sección, no debe ser menor que 0.30 m. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.25 m pero su área no puede ser menor de 0.900 m^2
	(c) Si la columna sostiene uno o dos pisos pueden utilizarse dimensiones menores a las dadas en (b), pero la menor dimensión de la sección del elemento no puede ser menor que 0.20 m, y su área no puede ser menor de 0.600 m^2	(c) La relación entre la dimensión menor de la sección del elemento y la dimensión perpendicular a ella, no debe ser menor que 0.4

C.21.4.2 - RESISTENCIA MINIMA A FLEXION DE LAS COLUMNAS - La resistencia a la flexión de cualquier columna que se diseñe para una fuerza axial mayorada mayor que $0.10 f'_c A_g$ debe cumplir los siguientes requisitos adicionales:

RESISTENCIA MINIMA A FLEXION DE LAS COLUMNAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales	No hay requisitos especiales	(a) Las columnas que tengan fuerzas axiales de diseño mayores

		<p>que $0.10f_c' A_g$ deben cumplir los requisitos dados en (b) o en (c) Las columnas que no cumplan los requisitos dados en (b), no deben incluirse en la determinación de la rigidez y resistencia de la estructura, pero deben cumplir los requisitos de C 21 7</p> <p>(b) La resistencia a la flexión de las columnas debe cumplir la siguiente ecuación</p> $\sum M_c \geq 1.20 \sum M_r \quad (C.21-1)$ <p>donde.</p> <p>$\sum M_c$ = suma de momentos, tomada en el centro del nudo, de las resistencias de diseño a la flexión de las columnas que llegan al nudo. La resistencia a la flexión de la columna debe calcularse para la fuerza axial mayorada, consistente con la dirección de las fuerzas horizontales consideradas, que resulta en la menor resistencia a la flexión</p> <p>$\sum M_r$ = suma de momentos, tomada en el centro del nudo, de las resistencias de diseño a flexión de las vigas que llegan al nudo.</p> <p>Las resistencias a flexión deben sumarse de tal manera que los momentos de las columnas se opongan a los de las vigas. La ecuación C 21-1 debe cumplirse para las dos direcciones en el plano vertical del pórtico bajo consideración</p> <p>(c) Si no se cumplen los requisitos dados en (b) para cualquier nudo de la estructura, las columnas que soporten reacciones provenientes de ese nudo deben en toda su longitud tener refuerzo transversal como el indicado en C 21 4 4</p>
--	--	--