

TITULO C

CONCRETO ESTRUCTURAL

CAPITULO C.1

REQUISITOS GENERALES

C.1.1 - ALCANCE

C.1.1.1 - CONCRETO ESTRUCTURAL - En el presente Titulo se dan los requisitos mínimos que se deben cumplir en el diseño y construcción de estructuras de concreto estructural y sus elementos

C.1.1.2 - ESTRUCTURAS ESPECIALES - Para estructuras especiales tales como puentes, arcos, silos y chimeneas, los requisitos del Título C de este Reglamento pueden utilizarse cuando sean aplicables, pero su utilización no exime al ingeniero diseñador del cumplimiento de requisitos más restrictivos, propios del diseño de estas estructuras los cuales estan fuera del alcance de este Reglamento

C.1.1.2.1 - Tanques - Los tanques y compartimentos estancos deben diseñarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo C 20 - Tanques y compartimentos estancos de concreto estructural

C.1.1.3 - PILOTES CAISSONS Y LOSAS SOBRE EL TERRENO - En el Capítulo C.15 se dan requisitos para el diseño de las porciones colocadas en el terreno de pilotes y caissons de concreto, y el diseño de losas soportadas sobre el terreno

C.1.1.4 - CONCRETO SIMPLE - El diseño y construcción de concreto sin refuerzo y concreto con refuerzo menor que el mínimo indicado por los Capítulos C 1 a C 21 de este Reglamento debe hacerse de acuerdo con los requisitos y limitaciones establecidas en el Capítulo C 22 - Concreto simple.

C.1.1.5 - REQUISITOS DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA PARA DISEÑO SISMO RESISTENTE - La capacidad de disipación de energía en el rango inelástico durante la respuesta ante un sismo de las estructuras de concreto estructural diseñadas de acuerdo con los requisitos del Título C de este Reglamento, está definida de la siguiente manera

C.1.1.5.1 - Capacidad de disipación de energía mínima (DMI) - Cuando los elementos de concreto estructural se diseñan de acuerdo con los requisitos de los Capítulos C 1 a C 20 de este Reglamento, además de los requisitos aplicables para este tipo de estructuras presentados en el Capítulo C 21.

C.1.1.5.2 - Capacidad de disipación de energía moderada (DMO) - Cuando los elementos de concreto estructural se diseñan de acuerdo con los requisitos de los Capítulos C.1 a C.20 y además cumplen los requisitos especiales que para estructuras con capacidad de disipación de energía moderada prescribe el Capítulo C 21 de este Reglamento

C.1.1.5.3 - Capacidad de disipación de energía especial (DES) - Cuando los elementos de concreto estructural se diseñan de acuerdo con los requisitos de los Capítulos C.1 a C.20 y además cumplen los requisitos adicionales que para estructuras con capacidad de disipación de energía especial prescribe el Capítulo C 21 de este Reglamento

C.1.1.6 - ZONAS DE AMENAZA SISMICA - Los requisitos para concreto estructural que se dan en el presente Titulo de este Reglamento deben aplicarse en cada una de las zonas de amenaza sísmica que se definen en el Capítulo A 2 del Titulo A así

C.1.1.6.1 - Zonas de amenaza sísmica baja - Las estructuras de concreto estructural y sus elementos, localizadas en zonas de amenaza sísmica baja, tal como se definen en A.2.3 1, deben cumplir los requisitos del Titulo A de este Reglamento con las limitaciones dadas en el Capítulo A 3 y como mínimo deben ser estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI) tal como las define C 1 1 5 1, aunque se

permite el uso de estructuras de concreto con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES).

C.1.1.6.2 - Zonas de amenaza sísmica intermedia - Las estructuras de concreto estructural y sus elementos, localizadas en zonas de amenaza sísmica intermedia, tal como se definen en A.2.3.2 deben cumplir los requisitos del Título A de este Reglamento con las limitaciones dadas en el Capítulo A.3 y como mínimo deben ser estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) tal como las define C.1.1.5.2, aunque se permite el uso de estructuras con capacidad de disipación de energía especial (DES)

C.1.1.6.3 - Zonas de amenaza sísmica alta - Las estructuras de concreto estructural y sus elementos, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta, tal como se definen en A.2.3.3 deben cumplir los requisitos del Título A de este Reglamento con las limitaciones dadas en el Capítulo A.3 y sólo pueden ser estructuras con capacidad de disipación de energía especial (DES) tal como las define C.1.1.5.3

C.1.1.7 - ANCLAJE AL CONCRETO - En el Capítulo C.23 se presentan los requisitos para el empleo de anclajes al concreto por medio de tornillos y pernos con cabeza de anclaje

C.1.1.8 - En el Apéndice C-A se presentan requisitos alternos para el diseño de elementos a flexión por el método de los esfuerzos de trabajo, como los define el Título B.

C.1.1.9 - En el Apéndice C-B se presentan requisitos alternos para la determinación de los límites de las cuantías, la definición de los coeficientes de reducción de resistencia, ϕ , y la redistribución inelástica de momentos.

C.1.1.10 - En el Apéndice C-C se presentan requisitos alternos para el diseño de estructuras mixtas de concreto y acero estructural.

C.1.2 - MEMORIAS Y PLANOS

C.1.2.1 - El contenido mínimo de los planos, memorias, estudios y especificaciones debe ajustarse a lo establecido en las Resoluciones emanadas de la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes" de acuerdo con lo que prescriben el Parágrafo 1 del Artículo 6 y el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997.

C.1.3 - SUPERVISION TECNICA

C.1.3.1 - La supervisión técnica de la construcción de estructuras de concreto estructural es obligatoria en aquellos casos que lo dispone el Título V, Artículos 18 a 22 de la Ley 400 de 1997; debe llevarse a cabo de acuerdo con lo establecido en el Título I del presente Reglamento y ajustándose a lo indicado en las Resoluciones emanadas de la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes" de acuerdo con lo que prescribe el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997.

C.1.3.2 - El propietario será el responsable de que lleve a cabo la Supervisión Técnica, de acuerdo con las exigencias del Título I del presente Reglamento.

C.1.3.3 - Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C o mayor de 35°C debe llevarse un registro de las temperaturas del concreto y de la protección que se le da durante la colocación y el curado

C.1.4 - UTILIZACION DE SISTEMAS ALTERNOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

C.1.4.1 - Pueden emplearse en el concreto estructural sistemas alternos de diseño y construcción cuando se cumplan los requisitos establecidos en el Capítulo 2 del Título II de la Ley 400 de 1997

C.1.5 - OBLIGATORIEDAD DE LAS NORMAS TECNICAS CITADAS EN EL TITULO C

C.1.5.1 - Las Normas Técnicas Colombianas NTC, citadas en el presente Título del Reglamento, hacen parte de él. Las normas NTC son promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, único organismo nacional de normalización reconocido por el gobierno de Colombia (Véase la sección A.1.5 y C.3.8).

C.1.5.2 - En aquellos casos en los cuales no exista una norma NTC se acepta la utilización de normas de la Sociedad Americana de Ensayo y Materiales (American Society for Testing and Materials - ASTM) o de otras instituciones, las

cuales también hacen parte del Reglamento cuando no exista la correspondiente norma NTC.

C.1.5.3 - Al lado de las normas NTC se ha colocado entre paréntesis una norma de la ASTM o de otra institución. Esto se hace únicamente como referencia y la norma obligatoria siempre será la norma NTC. Esta norma de referencia corresponde a una norma ASTM, o de otra institución, que es compatible con los requisitos correspondientes del Reglamento, y no necesariamente corresponde a la norma de antecedente de la norma NTC. Las normas de antecedente de las normas NTC son las que se encuentran consignadas en el texto de la misma norma.

C.1.6 – SISTEMA DE UNIDADES

C.1.6.1 – El presente Título del Reglamento está presentado en el sistema internacional de medidas (SI). Para efectos de recomendaciones respecto a las unidades preferenciales a emplear en el análisis y diseño de estructuras de concreto reforzado, debe consultarse la Sección C.8.12 y el Capítulo A.13. ■

CAPITULO C.2 DEFINICIONES

C.2.1 - DEFINICIONES

Las siguientes definiciones corresponden a los términos más usados en el presente Título de este Reglamento (se ha colocado entre paréntesis y comillas el término correspondiente en inglés, tal como se emplea en el documento ACI 318-95, con el fin de facilitar la interpretación de algunas definiciones):

Aditivo (“*admixture*”) - Material diferente al cemento, a los agregados o al agua que se añade al concreto, antes o durante la mezcla, para modificar una o varias de sus propiedades, sin perjudicar su durabilidad ni su capacidad de resistir esfuerzos

Agregado (“*aggregate*”) - Conjunto de partículas inertes, naturales o artificiales, tales como arena, grava, triturado, etc., que al mezclarse con el material cementante y el agua produce el concreto.

Alambre (“*wire*”) - Elemento de acero que cumple las normas NTC 1907 (ASTM A496) y NTC 4002 (ASTM A82) utilizado como refuerzo, cuyo diámetro es menor del N° 2 (1/4”) ó 6M (6 mm). Puede ser liso o corrugado. Su utilización está limitada

- (a) como componente de las mallas electrosoldadas,
- (b) individualmente como refuerzo de retracción y temperatura de elementos cuyo espesor impide el uso de barras normales de refuerzo,
- (c) individualmente como refuerzo de flexión en elementos que no formen parte del sistema de resistencia sísmica y cuyo espesor impide el uso de barras normales de refuerzo.

Alambre de preesfuerzo (“*prestressing wire*”) - Elemento de acero que cumple la norma NTC 159 (ASTM A421) utilizado individualmente como acero de preesfuerzo.

Altura efectiva (“*effective depth of section*”) (d) - En una sección, la distancia entre el extremo más comprimido y el centro de gravedad del refuerzo de tracción en secciones sometidas a flexión

Amarres (“*tie elements*”) - 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 (Véase el Capítulo C.21)

Anclaje (“*anchorage*”) - En concreto postensado, un elemento utilizado para anclar el tendón al elemento de concreto. En concreto pretensado, un elemento utilizado para anclar el tendón mientras el concreto endurece

Asentamiento (“*settlement*”) - Hundimiento o descenso del nivel de una estructura debido a la compresión y deformación del suelo o roca de fundación

Asentamiento (“*slump*”) (ensayo de) - Resultado del ensayo de manejabilidad de una mezcla de concreto.

Barra corrugada (“*deformed bar*”) - Barra con un núcleo de sección circular en cuya superficie existan resaltes que tienen por objeto aumentar la adherencia entre el concreto y el acero, que cumple con las normas NTC 2289 (ASTM A706) y NTC 248 (ASTM A615)

Barra lisa (“*plain reinforcement*”) - Barra de sección transversal circular sin resaltes o nervios especiales, que cumple con la norma NTC 161 (ASTM A615).

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 (Véase el Capítulo C 21).

Capacidad de disipación de energía (“*energy dissipation capacity*” o “*toughness*”) - Es la capacidad que tiene un sistema estructural, un elemento estructural, o una sección de un elemento estructural, de trabajar dentro del rango inelástico de respuesta sin perder su resistencia. Se cuantifica por medio de la energía de deformación que el

sistema, elemento o sección es capaz de disipar en ciclos histeréticos consecutivos. Cuando hace referencia al sistema de resistencia sísmica de la edificación como un todo, se define por medio del coeficiente de capacidad de disipación de energía R. El grado de capacidad de disipación de energía se clasifica como especial (DES), moderado (DMO) y mínimo (DMI).

Cargas y 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

Carga muerta ("dead load") - La constituida por el peso propio de la estructura más los materiales de construcción y demás elementos que vayan a actuar en forma no interrumpida durante la vida útil de la construcción. Véase el Capítulo B.3.

Carga de servicio ("service load") - La carga muerta mas la carga viva sin estar afectadas por ningún coeficiente de carga.

Carga viva ("live load") - Véase el Capítulo B.4.

Cemento ("cement") - Véase material cementante.

Cercha o armadura estructural ("structural trusses") - Ensamblaje de elementos de concreto estructural que trabajan primordialmente bajo cargas axiales (Véase el Capítulo C.21)

Cimbra ("shores") - Estructura provisional de madera o elementos metálicos, de forma, dimensiones y seguridad adecuadas para la colocación del refuerzo y el concreto de un elemento estructural, y sostenerlos mientras el concreto adquiere la resistencia adecuada.

Cimentación ("foundation") - Conjunto de los elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo o roca de apoyo.

Coefficiente de carga ("load factor") - Véase B 2 1.

Coefficiente de reducción de resistencia ("strength reduction factor") (ϕ) - Coeficiente que multiplica la resistencia nominal para convertirla en resistencia de diseño Véase de B.2.1.

Columna ("column") - Elemento estructural cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flectores, torsión o esfuerzos cortantes y con una relación de longitud a su menor dimensión de la sección de 3 o más. Para efectos de las dimensiones mínimas permitidas para su sección y las relaciones límites entre ellas, véanse C.10 8 y el Capítulo C.21.

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

Concreto ("concrete") - Mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.

Concreto ciclópeo ("cyclopean concrete") - Mezcla de concreto simple y agregado grueso seleccionado con tamaños entre 150 y 300 mm, utilizada para la construcción de elementos estructurales que trabajan predominantemente a compresión y que se diseñan de acuerdo con los requisitos del Capítulo C.22.

Concreto de peso normal ("normal weight concrete") - Se entiende por concreto de peso normal aquel en el cual se han utilizado agregados inertes cuya masa específica es mayor que 1840 kg/m³.

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

Concreto estructural ("structural concrete") - El concreto estructural cubre el concreto simple y el concreto reforzado utilizado para propósitos estructurales.

Concreto ligero ("lightweight aggregate concrete") - Concreto que contiene agregado ligero, cuya masa específica no excede 1840 kg/m³, y por lo tanto el concreto producido con ellos tiene una masa específica inferior al del concreto de masa normal. Este tipo de concreto no puede utilizarse sin una aprobación especial de la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes", debido a sus propiedades de baja resistencia a

los esfuerzos cortantes.

Concreto preesforzado ("prestressed concrete") - Concreto que previamente a su utilización se somete a tratamientos mecánicos destinados a crear esfuerzos de compresión en las zonas que posteriormente reciben esfuerzos de tracción debidos a la aplicación de las cargas. Según el procedimiento de aplicación de los esfuerzos en el acero de tensionamiento con respecto al vaciado del concreto se divide en concreto pretensado y concreto postensado.

Concreto reforzado ("reinforced concrete") - Material constituido por concreto que tiene un refuerzo consistente en barras de acero corrugado, estribos transversales o mallas electrosoldadas, colocadas principalmente en las zonas de tracción, en cuantías superiores a las mínimas especificadas en los Capítulos C.1 a C.21, bajo la hipótesis de compatibilidad de deformaciones entre los dos materiales.

Concreto simple ("plain concrete") - El que no tiene acero de refuerzo, o lo tiene en cuantías menores a las mínimas especificadas en los Capítulos C.1 a C.21 de este Reglamento. Su diseño está regido por los requisitos del Capítulo C.22.

Concreto simple estructural ("plain structural concrete") - Concreto simple utilizado para propósitos estructurales Véase el Capítulo C 22

Curado ("curing") - Proceso por medio del cual el concreto endurece y adquiere resistencia, una vez colocado en su posición final.

Deflexión ("deflection") - La ordenada de la línea elástica, o deformación transversal del elemento estructural.

Deformación unitaria de control por compresión ("compression control strain") - Es la deformación unitaria neta de tracción para condiciones balanceadas. (Véase el Apéndice C-B).

Deformación unitaria neta en tracción ("net tensile strain") - ϵ_t - Es la deformación unitaria en el acero de tracción al nivel de resistencia nominal, sin incluir los efectos de deformación unitaria causados por el preesfuerzo efectivo, la retracción de fraguado y las variaciones de temperatura. (Véase el Apéndice C-B)

Deriva ("story drift") - Diferencia entre los desplazamientos o deflexiones horizontales de dos pisos consecutivos Véase el Capítulo A.6.

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. (Véase el Capítulo C.21).

Efectos sísmicos ("earthquake effects") - Las solicitaciones de flexión, torsión, fuerzas cortantes, cargas axiales y deformaciones ocasionadas por la acción de un temblor en una estructura cualquiera a los elementos estructurales

Efectos térmicos ("thermal effects") - Los esfuerzos y las deformaciones ocasionados en los elementos de las estructuras por variaciones en la temperatura.

Elementos a flexión de concreto compuesto ("composite concrete flexural members") - Elementos de concreto, prefabricados o vaciados en el sitio, o ambos, construidos en etapas diferentes pero interconectados de tal manera que todas sus partes respondan a las cargas como una unidad. (Véase el Capítulo C 17).

Elementos colectores ("collector elements") - Elementos que sirven para transmitir las fuerzas inerciales dentro del diafragma, hasta los elementos del sistema vertical de resistencia sísmica (Véase el Capítulo C 21)

Elementos de amarre ("ties") - Véase Amarres

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.

Encofrados y formaletas ("formwork") - Moldes con la forma y las dimensiones de los elementos estructurales, en los cuales se coloca el refuerzo y se vierte el concreto fresco.

Esfuerzo ("stress") - Intensidad de fuerza por unidad de área

Estado límite ("limit state") - Véase B.2.1.

Estribo y fleje (stirrup, tie) - Elementos que corresponden a una forma de refuerzo transversal, utilizados para resistir esfuerzos cortantes, de torsión y para proveer confinamiento al elemento, consistentes en barras corrugadas, barras lisas, alambres o malla electrosoldada, de una o varias ramas, doblados en forma de L, U, C o rectangulares y colocados perpendicularmente al refuerzo longitudinal o formando un ángulo con él. En elementos que llevan cargas de compresión, como en las columnas, el estribo debe abrazar el refuerzo longitudinal para evitar que éste falle por pandeo y no puede ser fabricado con alambre o con malla electrosoldada. En este caso puede ser también una barra continua que se enrolla alrededor del refuerzo longitudinal formando círculos, rectángulos o cualquier otra forma poligonal sin tener esquinas hacia adentro de la sección. Cuando cumple ciertos límites de cuantía volumétrica se denomina refuerzo en espiral.

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. Los estribos de confinamiento deben cumplir los mismos requisitos dados para estribos de columna en el ordinal (c) de C.7.10.3. Véase el Capítulo C.21.

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 en sus extremos un gancho sísmico de 135°, o más, con una extensión de 6 diámetros de barra, pero no menor de 75 mm, y se permite que uno de sus 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.

Fricción por curvatura ("curvature friction") - En concreto preesforzado la fricción resultante de dobleces y curvas en el perfil especificado de los tendones de preesfuerzo.

Fricción por desviación ("wobble friction") - En concreto preesforzado la fricción causada por desviaciones, u ondulaciones, no intencionales del ducto de los tendones del preesfuerzo de su perfil especificado

Fuerza en el gato ("jacking force") - En concreto preesforzado, la fuerza temporal ejercida por el gato que induce la fuerza de tensionamiento en los tendones de preesfuerzo

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 estándar ("standard hook") - Dobleces en el extremo de una barra de refuerzo que cumple los requisitos del Capítulo C.7.

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 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.

Junta de construcción ("construction joint") - Interrupción de la colocación del concreto, ya sea temporal, de construcción, o permanente.

Junta de contracción ("contraction joint") - Junta de construcción, o junta parcial (una reducción del espesor del elemento) utilizada para reducir la aparición de esfuerzos internos causada por la restricción a los movimientos causados por retracción de fraguado, flujo plástico, o variaciones de la temperatura, en elementos de concreto simple.

Junta de expansión ("isolation joint") - Separación entre porciones adyacentes de la estructura de concreto, localizada en un lugar establecido durante el diseño de la estructura, de tal manera que no interfiera con el comportamiento de la estructura y que al mismo tiempo permita movimientos en las direcciones apropiadas; y que

impida la formación de fisuras y grietas en otras partes de la estructura. En la junta se puede interrumpir parte o todo el refuerzo adherido que la atraviese.

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°.

Longitud de desarrollo (“development length”) - Es la longitud del refuerzo embebido en el concreto requerida para desarrollar la resistencia de diseño del refuerzo en una sección crítica.

Longitud embebida (“embedment length”) - Es la menor longitud de refuerzo embebido dentro del concreto, medida perpendicularmente a la sección crítica.

Losa (“slab”) - Elemento estructural horizontal, o aproximadamente horizontal, macizo o con nervaduras, que trabaja en una o dos direcciones, de espesor pequeño en relación con sus otras dos dimensiones.

Material cementante (“cementitious materials”) - Material que se especifica en el Capítulo C.3, que tiene propiedades cementantes cuando se utiliza en la fabricación del concreto, ya sea por si mismo, como es el caso del cemento hidráulico (portland), el cemento adicionado, y el cemento expansivo; o cuando estos últimos obran en combinación con cenizas volantes, puzolanas, escoria siderúrgica y humo de sílice.

Memoria de cálculos (“calculations”) - Justificación técnica de las dimensiones, refuerzos y especificaciones de una estructura, tal como se presentan en los planos de construcción.

Módulo de elasticidad (“modulus of elasticity”) - Relación entre el esfuerzo de tracción o de compresión y la deformación unitaria producida por aquel, para esfuerzos inferiores al límite proporcional del material.

Momento positivo (“positive moment”) - El que produce esfuerzos de tracción en la cara inferior de vigas y losas.

Momento negativo (“negative moment”) - El que produce esfuerzos de tracción en la cara superior de vigas y losas.

Muro (“wall”) - Elemento cuyo espesor es mucho menor en relación con sus otras dos dimensiones, usualmente vertical, utilizado para delimitar espacios.

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 la diferencia entre muro y columna para efectos del refuerzo transversal, debe consultarse C.14.3.6.

Nudo (“joint”) - Es la porción de la columna limitada por las superficies superiores e inferiores de las vigas que llegan a ella.

Pedestal (“pedestal”) - Elemento vertical sometido a compresión, acompañada o no de momentos flectores, esfuerzos de cortante o torsión y que tiene una longitud libre no mayor de tres veces su mínima dimensión transversal.

Pórtico (“moment resisting frame”) - Conjunto estructural constituido por vigas y columnas unidas rigidamente.

Postensado (“post-tensioning”) - Método de preesforzado en el cual los tendones se tensionan después de que el concreto haya adquirido la resistencia requerida para la aplicación de las fuerzas de tensionamiento.

Preesfuerzo efectivo (“effective prestress”) - Esfuerzo, proveniente del tensionamiento, que permanece en un tendón después de que han ocurrido las pérdidas, excluyendo los efectos de la carga muerta o la carga viva.

Prefabricado (“precast concrete”) - Elemento de concreto, con o sin refuerzo, que se construye en un lugar diferente al de su posición final dentro de la estructura.

Preesforzado (“prestressed concrete”) - Véase Concreto preesforzado.

Pretensado (“pretensioning”) - Método de preesforzado en el cual los tendones se tensionan antes de vaciar el

concreto

Recimbrado ("reshoring") - Cimbra que se coloca bajo una losa u otro elemento de concreto, después de que la cimbra y formaleta original ha sido retirada de un área mayor, habiendo permitido que la losa o el elemento estructural se defleque y soporte su peso propio, y las demás cargas de construcción. Se emplea para disminuir las deflexiones permanentes que se producen debido a que el concreto se somete a cargas a una edad relativamente temprana.

Refuerzo ("reinforcement") - Acero en una de las tres formas siguientes, colocado para absorber esfuerzos de tracción, de compresión, de corte o de torsión en conjunto con el concreto:

- (a) Grupo de barras de acero corrugado que cumple las normas NTC 2289 (ASTM A706) ó NTC 248 (ASTM A615). O barras lisas que cumple la norma NTC 161 (ASTM A615), de forma recta, dobladas, con o sin ganchos, o en forma de estribos.
- (b) Mallas electrosoldadas
- (c) Alambres o cables de alta resistencia destinados principalmente al concreto preesforzado.

Refuerzo corrugado ("deformed reinforcement") - Todo refuerzo que cumple de C.3.5.3, consistente en barras corrugadas, mallas de barra corrugada, alambre corrugado y mallas electrosoldadas de alambre corrugado. Bajo esta denominación se incluyen también las mallas electrosoldadas de alambre liso, las cuales se consideran una forma de refuerzo corrugado.

Refuerzo en espiral ("spiral reinforcement") - Refuerzo transversal consistente en una hélice continua de barra de acero liso o corrugado, que cumple ciertas limitaciones de cuantía volumétrica.

Refuerzo extremo de tracción ("extreme tension steel") - Refuerzo (preesforzado o no preesforzado) que se encuentra más alejado de la fibra extrema en compresión

Refuerzo liso ("plain reinforcement") - Refuerzo consistente en barras de superficie lisa. El refuerzo de barras lisas no se considera refuerzo corrugado y solo puede utilizarse en aquellos casos explícitamente indicados en el Reglamento (Véase C.3.5)

Refuerzo negativo ("negative reinforcement") - El refuerzo destinado a resistir los efectos del momento negativo.

Refuerzo positivo ("positive reinforcement") - El refuerzo destinado a resistir los efectos del momento positivo.

Refuerzo transversal ("transverse or lateral reinforcement") - El refuerzo destinado a resistir los efectos de los esfuerzos cortantes y de torsión. Incluye, igualmente, el destinado a impedir el pandeo del refuerzo principal en las columnas o en los elementos sometidos a fuerzas de compresión, y el que produce confinamiento

Refuerzo de retracción y temperatura ("shrinkage and temperature reinforcement") - En losas el destinado a resistir los esfuerzos causados por variación de temperatura o por retracción de fraguado

Región confinada ("confinement region") - Es aquella parte de los elementos de concreto reforzado confinada por refuerzo transversal de confinamiento que cumple los requisitos especiales dados en el Capítulo C.21.

Resistencia a la fluencia ("yield strength") (f_y) - Valor de la resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo en MPa que se utiliza en el diseño para determinar la resistencia nominal de los elementos de concreto reforzado. La resistencia real a la fluencia debe determinarse por medio de ensayos de los materiales empleados en la obra, realizados de acuerdo con las normas NTC, o en su defecto ASTM, apropiadas y su variación con respecto a la resistencia nominal no debe ser mayor que la permitida por éstas normas.

Resistencia nominal del concreto a la compresión ("specified compressive strength of concrete") (f'_c) - Resistencia nominal especificada del concreto a la compresión, expresada en MPa, que se utiliza en el diseño para determinar la resistencia nominal de los elementos de concreto reforzado. La resistencia real a la compresión debe determinarse por medio de ensayos de los materiales empleados en la obra, como el promedio de la resistencia de dos probetas cilíndricas, de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, ensayadas a los 28 días. Estos ensayos se deben realizar de acuerdo con las normas NTC (ICONTEC) apropiadas y la variación de los resultados con respecto a la resistencia nominal no debe ser mayor que la permitida por C.5.6. El significado de la expresión f'_c precedida por un símbolo de radical $\sqrt{f'_c}$ indica que se debe tomar la raíz cuadrada del valor de f'_c y que el resultado tiene unidades de MPa

Resistencia de diseño ("design strength") - Resistencia nominal de un elemento, o sección de él, multiplicada por un coeficiente de reducción de resistencia ϕ . Véanse B.2.1 y C.9.3.

Resistencia nominal ("nominal strength") - Resistencia de un elemento, o sección de él, calculada analíticamente de acuerdo con los requisitos y suposiciones del método de resistencia y sin incluir ningún coeficiente de reducción de resistencia. Véase B 2 1

Resistencia requerida ("required strength") - Resistencia que debe poseer un elemento o sección de él, para que sea capaz de soportar las cargas mayoradas o sus efectos.

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

Sección controlada por compresión ("compression-controlled section") - Es la sección de un elemento en la cual la deformación unitaria de tracción neta en el refuerzo extremo de tracción, para resistencia nominal es menor o igual al límite para la deformación unitaria de control por compresión

Sección controlada por tracción ("tension-controlled section") - Es la sección de un elemento en la cual la deformación unitaria de tracción neta en el refuerzo extremo de tracción, para resistencia nominal es mayor o igual a 0.005.

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.

Supervisor Técnico ("inspector") - Véase C 1 3

Tendón ("tendon") - Refuerzo para concreto preesforzado compuesto por uno o varios torones de preesfuerzo

Tendón adherido ("bonded tendon") - Tendón de preesfuerzo que está adherido al concreto ya sea directamente o mediante mortero de inyección.

Tendón no adherido ("unbonded tendon") - Tendón de preesfuerzo que no está adherido al concreto y por lo tanto puede desplazarse libremente dentro del ducto que lo contiene y que además está adecuadamente protegido contra la corrosión

Tirante ("tie") - Elemento estructural sometido principalmente a tracción, acompañada o no de momentos de flexión.

Torón ("strand") - Cable para concreto preesforzado compuesto por siete alambres de acero de alta resistencia trenzados, que cumple la norma NTC 2010 (ASTM A416).

Transferencia ("transfer") - Acción por medio de la cual se transfieren los esfuerzos en los tendones de preesfuerzo del gato o del banco de tensionamiento al concreto

Viga ("beam, girder") - Elemento estructural, horizontal o aproximadamente horizontal, cuya dimensión longitudinal es mayor que las otras dos y su sollicitación principal es el momento flector, acompañado o no de cargas axiales, fuerzas cortantes y torsiones

Vigueta, o nervadura ("joist") - Elemento estructural que forma parte de una losa nervada, el cual trabaja principalmente a flexión



CAPITULO C.3 MATERIALES

C.3.0 - NOMENCLATURA

f_y = resistencia nominal especificada a la fluencia del acero no preesforzado, expresada en MPa

C.3.1 - ENSAYO DE MATERIALES

C.3.1.1 - Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras representativas de los materiales de la construcción

C.3.1.2 - Los ensayos de los materiales y del concreto se deben hacer siguiendo las normas técnicas colombianas, NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. A falta de ellas deben seguirse las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), de la Asociación Americana de Soldadura (AWS), de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO), y del Instituto del Postensado (PTI), mencionadas en este Reglamento. En C.3.8 se listan las normas NTC, promulgadas por el ICONTEC, ASTM, AWS, AASHTO, y PTI mencionadas en este Título del Reglamento, las cuales hacen parte del mismo. Debe consultarse C.1.6 respecto a la obligatoriedad de las normas técnicas mencionadas en este Título del Reglamento.

C.3.1.3 - El registro completo de los ensayos de los materiales y del concreto debe llevarse y conservarse de acuerdo con lo prescrito en el Título I de este Reglamento

C.3.2 - CEMENTOS

C.3.2.1 - El cemento debe cumplir con las normas NTC 121 y NTC 321. Se permite el uso de cementos fabricados bajo las normas ASTM C150 y ASTM C595. Además se permite el empleo de cementos hidráulicos expansivos fabricados bajo la norma ASTM C845.

C.3.2.2 - El cemento utilizado en la obra debe corresponder a aquel sobre el cual se base la dosificación de la mezcla de concreto. (Véase C.5.2.)

C.3.2.3 - Se prohíbe el uso de los cementos denominados de mampostería en la fabricación de concreto.

C.3.3 - AGREGADOS

C.3.3.1 - Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174 (ASTM C33).

C.3.3.2 - Los agregados que no cumplan con las especificaciones de C.3.3.1, pero que hayan demostrado, mediante ensayos especiales o en uso, que producen concreto con resistencia y durabilidad adecuadas, pueden ser utilizados cuando así lo autorice el Supervisor Técnico.

C.3.3.3 - El tamaño máximo nominal del agregado no debe ser mayor que

- (a) 1/5 de la dimensión menor entre los lados de las formaletas,
- (b) 1/3 del espesor de las losas,
- (c) 3/4 del espaciamiento libre mínimo entre las barras o alambres individuales del refuerzo, paquetes de barras o los tendones o ductos de preesforzado.

Pueden obviarse estas limitaciones si, a juicio del Supervisor Técnico, los métodos de compactación y la manejabilidad son tales que el concreto pueda ser colocado sin que se produzcan hormigueros, vacíos o segregación en la mezcla

C.3.3.4 - Pueden utilizarse agregados livianos en la producción de concreto estructural, siempre y cuando éstos cumplan con los requisitos de la norma NTC 4045 (ASTM C330).

C.3.4 - AGUA

C.3.4.1 - El agua utilizada en la mezcla del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. (Se recomienda cumplir la norma NTC 3459)

C.3.4.2 - El agua de mezcla para el concreto preesforzado o para el concreto que vaya a contener elementos embebidos de aluminio, o el agua asociada a la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de ion cloruro Véase C.4.4 1.

C.3.4.3 - El agua impotable no debe utilizarse en el concreto, a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

C.3.4.3.1 - Que la dosificación esté basada en mezclas de concreto que utilicen agua de la misma fuente.

C.3.4.3.2 - Que los cubos para ensayo de morteros hechos con agua impotable de mezcla, tengan resistencias a la compresión a los 7 y 28 días de edad, iguales o mayores al 90% de las resistencias a la compresión de probetas similares hechas con agua potable La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse sobre morteros idénticos, con excepción del tipo de agua empleada en la muestra, preparados y ensayados de acuerdo con la norma NTC 220 (ASTM C109).

C.3.5 - REFUERZO DE ACERO

C.3.5.1 - El refuerzo debe ser corrugado El refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo de repartición y temperatura. El refuerzo que consista de acero estructural o de tubería estructural, puede ser utilizado como se especifica en el presente Título de este Reglamento.

C.3.5.2 - En los planos debe indicarse el refuerzo que vaya a ser soldado y el procedimiento de soldadura. Las especificaciones para el acero, excepto las que fija la norma NTC 2289 (ASTM A 706), deben complementarse incluyendo un informe sobre las propiedades del material necesarias para cumplir con los procedimientos de soldadura especificados en la norma NTC 4040 (Procedimiento de soldadura para el acero de refuerzo ANSI/AWS D1 4, de la Sociedad Americana de Soldadura).

C.3.5.3 - REFUERZO CORRUGADO - El refuerzo corrugado debe cumplir con las normas de calidad que se dan a continuación y se designan para efectos de este Reglamento como se indica en las Tablas C 3-1 y C 3-2. La comprobación de la designación de la barra se realiza por medio de su peso por metro de acuerdo con los valores dados en las Tablas C.3-1 y C.3-2

C.3.5.3.1 - Las barras corrugadas para refuerzo deben cumplir con la norma NTC 2289 (ASTM A 706). Además deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos

- (a) La resistencia a la fluencia debe corresponder a la determinada por ensayos sobre barras de tamaño completo. Los esfuerzos obtenidos por medio del ensayo de tracción deben calcularse utilizando el área nominal de la barra tal como se indica en las Tablas C.3-1 y C 3-2
- (b) No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo las norma NTC 245, ni ningún otro tipo de acero que haya sido trabajado en frío o trefilado, a menos que esté explícitamente permitido por la norma bajo la cual se fabrica cualquiera de los materiales permitidos por el Reglamento.