

TABLA C.3-1
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS BARRAS DE REFUERZO
(Diámetros basados en milímetros)

Designación de la barra (véase la nota)	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
	Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
6M	6.0	28.3	18.85	0.222
8M	8.0	50.3	25.14	0.394
10M	10.0	78.5	31.42	0.616
12M	12.0	113.1	37.70	0.887
16M	16.0	201.1	50.27	1.577
18M	18.0	254.5	56.55	1.996
20M	20.0	314.2	62.83	2.465
22M	22.0	380.1	69.12	2.982
25M	25.0	490.9	78.54	3.851
32M	32.0	804.2	100.53	6.309
45M	45.0	1590.4	141.37	12.477
55M	55.0	2375.8	172.79	18.638

Nota: La M indica que son diámetros nominales en mm.

TABLA C.3-2
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS BARRAS DE REFUERZO
(Diámetros basados en octavos de pulgada)

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
Nº 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
Nº 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
Nº 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
Nº 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
Nº 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
Nº 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
Nº 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
Nº 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
Nº 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
Nº 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
Nº 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
Nº 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Nota. El Nº de la barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro de referencia

C.3.5.3.2 - Únicamente en zonas de amenaza sísmica baja, tal como se definen en A.2.3 se permite el uso de acero corrugado fabricado bajo la norma NTC 248 (ASTM A615)

C.3.5.3.3 - Las barras corrugadas para refuerzo con una resistencia nominal a la fluencia f_y que exceda de 420 MPa, pueden utilizarse siempre y cuando f_y sea el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35% y, además, cumplan con la norma NTC 2289 (ASTM A706) Véase C 9.4

C.3.5.3.4 - Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con la norma NTC 4013 (ASTM A 767) Las barras de refuerzo recubiertas con epóxico deben cumplir la norma NTC 4004 (ASTM A 775), o ASTM A 934. El acero del refuerzo galvanizado o recubierto con epóxico debe cumplir las especificaciones de C.3.5.3.1.

C.3.5.3.5 - Se permite el uso de alambre corrugado que cumpla la norma NTC 1907 (ASTM A496), excepto que no puede ser menor que el tamaño D-4 (diámetro 5.7 mm) y para alambre con una resistencia a la fluencia nominal f_y que exceda de 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo que corresponda a una deformación unitaria del 0.35%, si el esfuerzo nominal a la fluencia utilizado en el diseño excede 420 MPa. No se permite el uso de alambres individuales, corrugados o lisos, como refuerzo en forma de estribos ni como refuerzo longitudinal en elementos que formen parte del sistema de resistencia sísmica.

C.3.5.4 - MALLAS ELECTROSOLDADAS - Las mallas electrosoldadas se consideran una forma de refuerzo corrugado. Los alambres para mallas electrosoldadas y las mallas en sí, deben cumplir las siguientes normas.

C.3.5.4.1 - La malla electrosoldada de alambre liso, debe cumplir con la norma NTC 1925 (ASTM A185), excepto que para alambre con una resistencia a la fluencia nominal superior a 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo que corresponde a una deformación unitaria del 0.35%. Las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 300 mm en la dirección del esfuerzo calculado, excepto cuando la malla electrosoldada se utiliza como estribos de acuerdo con C.12.13.2.

C.3.5.4.2 - La malla electrosoldada de alambre corrugado debe cumplir con la norma NTC 2310 (ASTM A497), excepto que para alambre con una resistencia a la fluencia nominal f_y superior a 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo que corresponde a una deformación unitaria del 0.35%. Las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400 mm en la dirección del esfuerzo calculado, excepto cuando la malla electrosoldada se utiliza como estribos de acuerdo con C.12.13.2.

C.3.5.4.3 - La malla electrosoldada con recubrimiento epóxico debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM A 884. Los alambres que la conforman deben cumplir los requisitos de C.3.5.4.1 y C.3.5.4.2

C.3.5.5 - REFUERZO LISO - El refuerzo liso solo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral y no puede utilizarse como refuerzo longitudinal a flexión, excepto cuando conforma mallas electrosoldadas. Debe cumplir con los siguientes requisitos:

C.3.5.5.1 - Las barras lisas para estribos, refuerzo de repartición y temperatura o refuerzo en espiral deben cumplir con la norma NTC 161 (ASTM A615) o con los requisitos para refuerzo corrugado especificados en C.3.5.3.1

C.3.5.5.2 - En las barras lisas con una resistencia nominal a la fluencia f_y superior a 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35%.

C.3.5.6 - TENDONES PARA CONCRETO PREESFORZADO - Los alambres, los torones y las barras para refuerzo en concreto preesforzado, deben cumplir con una de las siguientes normas NTC 159 (ASTM A421), NTC 2010 (ASTM A416), y NTC 2142 (ASTM A722). Los alambres, torones y barras no incluidas específicamente en las normas NTC 159 (ASTM A421), NTC 2010 (ASTM A416), y NTC 2142 (ASTM A722), pueden utilizarse siempre que cumplan con los requisitos mínimos de estas normas y no tengan propiedades que los hagan menos satisfactorios que aquellos incluidos en las normas mencionadas anteriormente.

C.3.5.7 - ACEROS Y TUBERIAS ESTRUCTURALES DE ACERO - Cuando se utilicen elementos de acero estructural en elementos compuestos sometidos a compresión deben cumplirse las siguientes normas:

C.3.5.7.1 - El acero estructural utilizado con barras de refuerzo en elementos compuestos sometidos a compresión que cumplan los requisitos de C.10.14.7. ó 10.14.8, debe cumplir con la norma NTC 1920 (ASTM A36), pero el acero estructural no cobijado por ésta, debe cumplir con una de las normas NTC 1950 (ASTM A242), NTC 1985 (ASTM A572) o NTC 2012 (ASTM A 588)

C.3.5.7.2 - Los tubos de acero o tuberías para miembros compuestos sometidos a compresión, formados por un núcleo de concreto con una camisa de acero, que cumplan con los requisitos de C.10.14.7, deben ceñirse a una de las siguientes normas: NTC 3470 (ASTM A53), ASTM A500 ó NTC 2374 (ASTM A501).

C.3.5.8 - EVALUACION Y ACEPTACION DEL ACERO DE REFUERZO - Deben tomarse y ensayarse muestras representativas de los aceros de refuerzo utilizados en la obra, con la frecuencia y alcance indicados en el Título I del Reglamento. Los ensayos deben realizarse de acuerdo con lo especificado en la norma NTC, de las enumeradas en C.3.8, correspondiente al tipo de acero. Los ensayos deben demostrar, inequívocamente, que el acero utilizado cumple la norma técnica NTC correspondiente y el laboratorio que realice los ensayos debe certificar la conformidad con ella. Copia de estos certificados de conformidad deben remitirse al Supervisor Técnico y al ingeniero diseñador. El certificado de conformidad expedido por el laboratorio debe contener como mínimo lo siguiente:

- (a) nombre y dirección de la obra
- (b) fecha de recepción de las muestras y fecha de realización de los ensayos.
- (c) fabricante y norma NTC bajo la cual se fabricó el material y bajo la cual se realizaron los ensayos.

- (d) peso por unidad de longitud de la barra, alambre, malla o torón de refuerzo, y su conformidad con las variaciones permitidas, y su diámetro nominal,
- (e) características del corrugado, cuando se trate de acero corrugado,
- (f) resultados del ensayo de tracción, los cuales deben incluir: la resistencia a la fluencia y la resistencia última, evaluadas utilizando el área nominal de la barra, alambre, malla o torón de refuerzo indicada en la norma NTC correspondiente, y el porcentaje de alargamiento obtenido del ensayo,
- (g) resultado del ensayo de doblamiento,
- (h) composición química cuando ésta se solicita
- (i) conformidad con la norma de fabricación y
- (j) nombre y firma de director del laboratorio.

C.3.6 - ADITIVOS

C.3.6.1 - Los aditivos que se utilicen en el concreto, deben someterse a la aprobación previa del Supervisor Técnico.

C.3.6.2 - Debe demostrarse que los aditivos a utilizar durante la construcción de la obra son capaces de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento que mostraron para establecer la dosificación del concreto de acuerdo con C 5.2.

C.3.6.3 - No pueden utilizarse aditivos que contengan cloruro de calcio ó iones de cloruro, diferentes de impurezas presentes en los ingredientes de la mezcla, en concreto preesforzado, en concreto que contenga elementos embebidos de aluminio ó en concreto fundido utilizando formaletas permanentes galvanizadas Véanse C.4.2.2 y C.4.3.1

C.3.6.4 - Los aditivos incorporadores de aire, deben cumplir con la norma NTC 3502 (ASTM C260).

C.3.6.5 - Los aditivos reductores de agua, los aditivos retardadores y acelerantes, deben cumplir con la norma NTC 1299 (ASTM C494) o NTC 4023 (ASTM C1017)

C.3.6.6 - Las cenizas volantes u otras puzolanas, utilizadas como aditivos, deben cumplir con la norma NTC 3493 (ASTM C618).

C.3.6.7 - La escoria, molida y granulada, de alto horno utilizada como aditivo debe cumplir la norma NTC 4018 (ASTM C989)

C.3.6.8 - Los aditivos empleados en la fabricación de concreto que contenga cementos expansivos (ASTM C 845) deben ser compatibles con el cemento y no deben producir efectos perjudiciales.

C.3.6.9 - El humo de sílice que se emplee como aditivo del concreto debe cumplir los requisitos de la norma ASTM C 1240.

C.3.7 - ALMACENAMIENTO DE MATERIALES

C.3.7.1 - Los materiales cementantes y los agregados deben almacenarse de tal manera que se prevenga su deterioro o la contaminación con materiales extraños

C.3.7.2 - En la fabricación del concreto no pueden utilizarse materiales que se hayan deteriorado o se hayan contaminado

C.3.8 - NORMAS CITADAS EN EL TITULO C DEL REGLAMENTO

Las siguientes normas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, de la Sociedad Americana de Soldadura, AWS, y de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte, AASHTO, a las cuales se hace referencia en el Título C del Reglamento, forman parte integrante de él.

Normas NTC promulgadas por el ICONTEC:

- NTC 1** - Ensayo de doblamiento para productos metálicos. (ASTM A370)
- NTC 2** - Ensayo de tracción para productos de acero. (ASTM A370)
- NTC 30** - Cemento Portland - Clasificación y nomenclatura.
- NTC 121** - Cemento Portland - Especificaciones físicas y mecánicas (ASTM C150).
- NTC 159** - Alambres de acero, sin recubrimiento, liberados de esfuerzos, para concreto preesforzado. (ASTM A421)
- NTC 161** - Barras lisas de acero al carbono para concreto armado. (*Nota: C.3.5.5 impone limitaciones a la utilización de este tipo de acero de refuerzo*). (ASTM A615)
- NTC 174** - Especificaciones de los agregados para concreto. (ASTM C33)
- NTC 220** - Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm de lado. (ASTM C109)
- NTC 245** - Barras de acero al carbono trabajadas en frío para concreto reforzado armado. (*Nota: C.3.5.3 prohíbe el uso de este tipo de acero*).
- NTC 248** - Barras corrugadas de acero al carbono para concreto reforzado armado. (*Nota: C.3.5.3 impone requisitos adicionales a los que contiene esta norma*). (ASTM A615)
- NTC 321** - Cemento Portland - Especificaciones químicas.
- NTC 396** - Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. (ASTM C143)
- NTC 423** – Barras de acero al carbono, terminadas en frío de calidad estándar. (ASTM A108)
- NTC 454** - Hormigón fresco, toma de muestras. (ASTM C172)
- NTC 504** - Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C617)
- NTC 550** - Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra. (ASTM C31)
- NTC 673** - Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto. (ASTM C39)
- NTC 722** - Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto. (ASTM C496)
- NTC 1299** - Aditivos químicos para el concreto. (ASTM C494)
- NTC 1377** - Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo laboratorio. (ASTM C192)
- NTC 1907** - Alambre de acero para concreto armado. (ASTM A496)
- NTC 1920** - Acero estructural. (ASTM A36)
- NTC 1925** - Mallas soldadas fabricadas con alambre liso de acero para concreto reforzado. (ASTM A185)
- NTC 1950** - Acero estructural de baja aleación y alta resistencia. (ASTM A242)
- NTC 1985** - Acero de calidad estructural de alta resistencia y baja aleación al Cumbio (Nionio) (ASTM A 572)
- NTC 2010** - Cordones de acero de siete alambres, sin recubrimiento, para concreto preesforzado. (ASTM A416)
- NTC 2012** - Acero estructural de baja aleación y alta resistencia con punto de fluencia mínimo de 345 MPa, en espesores hasta 100 mm (ASTM A588)

- NTC 2142** - Barras de acero de alta resistencia, sin revestimiento, para concreto pretensado. (ASTM A722)
- NTC 2240** - Agregados usados en morteros de mampostería. (ASTM C144)
- NTC 2289** - Barras y rollos corrugados de acero de baja aleación y/o termotratados para concreto reforzado en construcciones de diseño sismo resistente. (ASTM A706)
- NTC 2310** - Mallas soldadas fabricadas con alambre corrugado para refuerzo de concreto. (ASTM A497)
- NTC 2374** - Tubos redondos, rectangulares y cuadrados de acero al carbono con o sin costura, formados en caliente para propósitos estructurales. (ASTM A501)
- NTC 3318** - Concreto premezclado. (ASTM C94)
- NTC 3353** - Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero. (ASTM A370)
- NTC 3459** - Agua para la elaboración de concreto. (BS 3148)
- NTC 3470** - Tubos de acero soldados o sin costura recubiertos de cinc por inmersión en caliente, o pavonados. (ASTM A53)
- NTC 3493** - Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Portland (ASTM C618)
- NTC 3502** - Aditivos incorporadores de aire para concreto. (ASTM C260)
- NTC 3658** - Método de la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas. (ASTM C42)
- NTC 4002** - Siderurgia Alambre liso de acero para refuerzo de concreto. (ASTM A82)
- NTC 4004** - Barras de acero de refuerzo con recubrimiento epóxico para refuerzo de concreto. (ASTM A775)
- NTC 4013** - Barras de acero recubiertas con cinc (galvanizadas) para refuerzo de concreto (ASTM A767)
- NTC 4018** - Escoria de alto horno, granulada y molida, para ser uso en concreto y morteros. (ASTM C989)
- NTC 4022** - Masa unitaria de concreto liviano estructural. (ASTM C567)
- NTC 4023** - Especificaciones para aditivos químicos usados en la producción de concreto fluido. (ASTM C1017)
- NTC 4025** - Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. (ASTM C469)
- NTC 4027** - Concreto hecho por bachada volumétrica y mezclado continuo. (ASTM C685)
- NTC 4034** – Elementos de fijación. Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono, con 60 000 psi de resistencia a la tensión. (ASTM A307)
- NTC 4040** - Procedimientos de soldadura aplicables al acero para refuerzo de concreto. (ANSI/AWS D1.4)
- NTC 4045** - Agregados livianos para concreto estructural. (ASTM C330)
- NTC 4049** - Método para determinar los cloruros solubles en agua presentes en el concreto (ASTM C1218)

Normas ASTM:

- A 36** - Standard Specification for Structural Steel. (NTC 1920)
- A 53** - Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated Welded and Seamless (NTC 3470)
- A 82** - Standard Specification for Steel Wire, Plain, for Concrete Reinforcement. (NTC 4002)

- A 108** - Standard-Quality Cold-Finished Carbon Steel Bars. (NTC 423)
- A 185** - Standard Specification for Steel Welded Wire Fabric, Plain, for Concrete Reinforcement. (NTC 1925)
- A 242** - Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel. (NTC 1950)
- A 307** - Low Carbon Steel Externally and Internally Threaded Standard Fasteners. (NTC 4034)
- A 370** - Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. (NTC 1)
- A 416** - Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire Stress-Relieved for Prestressed Concrete. (NTC 2010)
- A 421** - Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete. (NTC 159)
- A 496** - Standard Specification for Steel Wire, Deformed for Concrete Reinforcement. (NTC 1907)
- A 497** - Standard Specification for Steel Welded Wire Fabric, Deformed, for Concrete Reinforcement. (NTC 2310)
- A 500** - Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.
- A 501** - Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing. (NTC 2374)
- A 572** - Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Steels of Structural Quality. (NTC 1985)
- A 588** - Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi (345 MPa) Minimum Yield Point to 4 in. (100 mm) Thick. (NTC 2012)
- A 615** - Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement. (NTC 161 y 248)
- A 706** - Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement. (NTC 2289)
- A 722** - Standard Specification for Uncoated High-Strength Steel Bar for Prestressing Concrete. (NTC 2142)
- A 767** - Standard Specification for Zinc -Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement. (NTC 4013)
- A 775** - Standard Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars. (NTC 4004)
- A 884** - Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Wire and Welded Wire Fabric for Reinforcement
- A 934** - Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars
- C 31** - Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. (NTC 550)
- C 33** - Standard Specification for Concrete Aggregates (NTC 174)
- C 39** - Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. (NTC 673)
- C 42** - Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete (NTC 3658)
- C 94** - Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. (NTC 3318)
- C 109** - Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens). (NTC 220)
- C 143** - Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. (NTC 396)
- C 144** - Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar. (NTC 2240)

C 150 - Standard Specification for Portland Cement

C 172 - Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete. (NTC 454)

C 192 - Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. (NTC 1377)

C 260 - Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete (NTC 3502)

C 330 - Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. (NTC 4045)

C 469 - Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. (NTC 4025)

C 494 - Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete (NTC 1299)

C 496 - Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. (NTC 722)

C 567 - Standard Test Method for Unit Weight of Structural Lightweight Concrete. (NTC 4022)

C 595 - Standard Specification for Blended Hydraulic Cements

C 618 - Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. (NTC 3493)

C 685 - Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing. (NTC 4027)

C 845 - Standard Specification for Expansive Hydraulic Cement

C 989 - Standard Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars. (NTC 4018)

C 1017 - Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete. (NTC 4023)

C 1218 - Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete. (NTC 4049)

C 1240 - Standard Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic-Cement Concrete and Mortar

Normas de la AWS:

"Structural Welding Code - Reinforcing Steel" (ANSI/AWS D1.4-92) of the American Welding Society (NTC 4040).

Normas de la AASHTO:

"Method of Sampling and Testing for Total Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials" (AASHTO T 260-84) (Equivalente a NTC 4049 y ASTM C 1218)

"Rapid determination of the Chloride Permeability of Concrete " (AASHTO T 277-83).

Normas del Post-Tensioning Institute:

"Specifications for Unbonded Single Strand Tendons" de Julio de 1993

CAPITULO C.4

REQUISITOS DE DURABILIDAD

C.4.0 - NOMENCLATURA

f'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en MPa.

C.4.1 - RELACION AGUA-MATERIAL CEMENTANTE

C.4.1.1 - Las relaciones agua-material cementante especificadas en las tablas C.4-2 y C.4-3, deben calcularse utilizando el peso de cemento que cumpla las normas las normas NTC 121, NTC 321, ASTM C150, o ASTM C 595, más el peso de las cenizas volantes u otras puzolanas que cumplan la norma NTC 3493 (ASTM C618), la escoria siderúrgica que cumpla la norma NTC 4018 (ASTM C989) y el humo de sílice (microsilica) que cumpla la norma ASTM C1240, si se utiliza cualquiera de estas adiciones.

C.4.2 - EXPOSICION A AMBIENTE HUMEDO O MARINO

C.4.2.1 - El concreto que esté expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento, o a químicos que impidan el congelamiento, debe tener aire incorporado, en las cantidades indicadas en la tabla C.4-1. La tolerancia en el contenido de aire debe ser ± 1.5 por ciento. Para resistencias nominales a la compresión, f'_c , mayores de 35 MPa, los contenidos de aire dados en la tabla C.4-1 pueden reducirse hasta 1 0 por ciento.

TABLA C.4-1
CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

tamaño nominal máximo del agregado, mm (nota-1)	Contenido de aire, porcentaje	
	exposición severa	exposición moderada
9.5 (3/8")	7.5%	6.5%
12.7 (1/2")	7.0%	5.5%
19.1 (3/4")	6.0%	5.0%
25.4 (1")	6.0%	4.5%
38.1 (1-1/2")	5.5%	4.5%
50.8 (2") (nota-2)	5.0%	4.0%
76.2 (3") (nota-2)	4.5%	3.5%

Nota - 1: Véase la norma NTC 174 (ASTM C33) para las tolerancias en el tamaño nominal máximo de los agregados.

Nota - 2: Estos contenidos de aire corresponden a la mezcla total, al igual que los anteriores. En estos casos, cuando se este realizando el ensayo de contenido de aire, los agregados mayores de 38.1 mm (1-1/2") se retiran, ya sea manualmente o por medio de tamizado, y el contenido de aire se determina sobre los agregados restantes (la tolerancia en el contenido de aire se aplica sobre este valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula sobre las agregados restantes después de que se retiran los mayores de 38.1 mm (1-1/2").

TABLA C.4-2
REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION

Condiciones de exposición	Máxima relación agua-material cementante, por peso para concretos de peso normal	Resistencia mínima a la compresión, f'_c , en MPa
Concreto de baja permeabilidad para ser expuesto al agua	0.50	24
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento en una condición húmeda, o a químicos que impidan el congelamiento	0.45	31
Para la protección contra la corrosión del refuerzo de concreto expuesto a cloruros, sal, agua salina o que puede ser salpicado por agua salina	0.40	35

C.4.2.2 - El concreto que esté expuesto a las condiciones de exposición indicadas en la tabla C.4-2, deben cumplir las

relaciones agua - material cementante máximas y las resistencias mínimas a la compresión indicadas allí. Además los concretos que puedan estar expuestos a químicos que impidan el congelamiento, deben cumplir las limitaciones dadas en C.4.2.3.

C.4.2.3 - Para concretos que puedan estar expuestos a químicos que impidan el congelamiento, el máximo contenido, por peso, de cenizas volantes, otras puzolanas, humo de sílice, o escoria, que se adicione al concreto, no deben exceder los porcentajes del peso total de material cementante dados en la tabla C 4-3

**TABLA C.4-3
REQUISITOS PARA CONCRETOS EXPUESTOS A QUÍMICOS QUE IMPIDAN EL CONGELAMIENTO**

Material cementante	Máximo porcentaje del total de materiales cementantes, por peso (Nota -1)
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen con la norma NTC 3493 (ASTM C618)	25%
Escoria que cumple la norma NTC 4018 (ASTM C989)	50%
Humo de sílice que cumple la norma ASTM C1240	10%
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria, y humo de sílice	50% (Nota -2)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, y humo de sílice	35% (Nota -2)

Nota - 1. El contenido total de materiales cementantes también incluye cementos fabricados bajo las normas NTC 121 y NTC 321, ASTM C150, ASTM C595, y ASTM C845. El porcentaje máximo dado en la tabla incluye las cenizas volantes y otras puzolanas, la escoria, y el humo de sílice presente dentro de los cementos.

Nota 2 - Las cenizas volantes, u otras puzolanas, no deben constituir más del 25 por ciento del peso total de material cementante, ni el humo de sílice más del 10 por ciento del peso total de material cementante.

C.4.3 - EXPOSICION A SULFATOS

C.4.3.1 - El concreto que pueda verse expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos, debe cumplir los requisitos de la tabla C.4-4 o fabricarse con cemento resistente a los sulfatos y con una relación agua-material cementante que no exceda el valor máximo dada en la misma tabla y debe tener la resistencia mínima a la compresión indicada allí.

C.4.3.2 - El cloruro de calcio no debe utilizarse como aditivo en concretos que puedan verse expuestos a soluciones que contengan sulfatos de una manera severa o muy severa como las define la tabla C.4-4.

**TABLA C.4-4
REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES QUE CONTIENEN SULFATOS**

Exposición al sulfato	Sulfatos solubles en agua (SO ₄), en el suelo, porcentaje en peso	Sulfatos (SO ₄), en el agua, en partes por millón	Tipo de cemento	Relación agua-material cementante máxima por peso (1)	Resistencia mínima a la compresión, f' _c , en MPa
Despreciable	0.00 a 0.10	0 a 150	-	-	-
Moderada (2)	0.10 a 0.20	150 a 1500	II (3)	0.50	28
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10000	V	0.45	32
Muy severa	mas de 2.00	más de 10000	V con puzolanas (4)	0.45	32

Nota-1 Puede requerirse una relación agua-material cementante menor por requisitos de baja permeabilidad o para protección contra la corrosión.

Nota-2 Agua marina

Nota-3 Además de los cementos Tipo II se incluyen los MS.

Nota-4 Puzolanas que cuando se utilizan con cementos Tipo V, hayan demostrado que mejoran la resistencia del concreto a los sulfatos bien sea por ensayos o por buen comportamiento en condiciones de servicio.

C.4.4 - CORROSION DEL REFUERZO

C.4.4.1 - Con el fin de proteger el acero de refuerzo contra la corrosión, las concentraciones máximas de ion cloruro soluble en agua, medidas en el concreto endurecido con edades entre 28 y 42 días, aportado por los ingredientes del concreto incluyendo el agua, los agregados, el material cementante y los aditivos, no debe exceder los límites de la tabla C 4-5. El procedimiento de ensayo para determinar el contenido de ion cloruro soluble en agua debe ser el dado por la norma NTC 4049 (ASTM C1218 o AASHTO T260).

C.4.4.2 - Cuando el concreto reforzado pueda verse expuesto a agua salina o marina, o a salpicaduras de esta agua, deben cumplirse los requisitos de relación agua-material cementante dados en la tabla C.4-2 y los requisitos de recubrimiento del refuerzo dados en C.7.7. Véase C.18 14 respecto a tendones de preesfuerzo no adheridos.

TABLA C.4-5
MAXIMO CONTENIDO DEL ION CLORURO, PARA PROTECCION CONTRA LA CORROSION

Tipo de Elemento	Máximo contenido del Ion Cloruro (Cl^-) en el concreto expresado como porcentaje del peso del cemento
Concreto preesforzado	0.06
Concreto reforzado expuesto al cloruro en servicio	0.15
Concreto reforzado que estará seco o protegido de la humedad en servicio	1.00
Otros tipos de construcción en concreto reforzado	0.30

CAPITULO C.5

CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACION

C.5.0 - NOMENCLATURA

- f'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en MPa
 f'_{cr} = resistencia promedio requerida del concreto a la compresión utilizada como base para dosificar las mezclas, expresada en MPa.
 f_{ct} = resistencia a la fractura por tracción indirecta del concreto con agregados ligeros, expresada en MPa.
S = desviación estándar, expresada en MPa.

C.5.1 - GENERALIDADES

C.5.1.1 - El concreto debe dosificarse con el fin de obtener una resistencia promedio a la compresión como lo prescribe C.5.3.2. y al mismo tiempo satisfacer los criterios de durabilidad del Capítulo C.4. El concreto debe producirse minimizando la frecuencia de resultados con resistencia por debajo del valor nominal para el concreto f'_c , como lo exige C.5.6.2 3.

C.5.1.2 - Los valores exigidos para f'_c deben basarse en ensayos sobre cilindros fabricados y probados de acuerdo con lo establecido en C 5.6.2

C.5.1.3 - A menos que se especifique lo contrario, el f'_c real se debe obtener por medio de ensayos a los 28 días y el valor debe corresponder al promedio de los resultados obtenidos de dos cilindros del mismo concreto y ensayados el mismo día. Si se especifica una edad diferente de 28 días para la determinación del f'_c real, esta edad debe estar claramente marcada en los planos y especificaciones.

C.5.1.4 - En aquellos casos en los cuales se requiere el uso de la resistencia a la fractura por tracción indirecta del concreto con agregados ligeros, los ensayos de laboratorio se deben realizar de acuerdo con la norma NTC 4045 (ASTM C330) para establecer el valor de f_{ct} correspondiente a la resistencia nominal a la compresión, f'_c .

C.5.1.5 - Los ensayos de resistencia a la fractura por tracción indirecta no deben utilizarse en el control de calidad como base para aceptar o rechazar el concreto.

C.5.1.6 - Los planos estructurales en cualquier proyecto, deben indicar claramente la resistencia nominal a la compresión f'_c del concreto para la cual se diseñó cada parte de la estructura.

C.5.1.7 - Deben consultarse los requisitos adicionales para estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES) dados en el Capítulo C.21.

C.5.2 - DOSIFICACION DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

C.5.2.1 - La dosificación de los componentes del concreto debe hacerse para proporcionar:

- (a) Manejabilidad y consistencia adecuadas para que el concreto fluya fácilmente dentro de las formaletas y alrededor del refuerzo, en las condiciones de colocación que se usen, sin segregación ni exudación excesivas.
- (b) Resistencia a condiciones especiales de exposición, de conformidad con el Capítulo C 4
- (c) Cumplimiento de los requisitos de los ensayos de resistencia indicados en C.5.6

C.5.2.2 - Cuando se usen diferentes materiales para diversas partes de una obra, cada combinación debe estudiarse separadamente.

C.5.2.3 - La dosificación de los componentes del concreto, incluida la relación agua - material cementante, debe hacerse con base en los datos obtenidos en experiencias de obras anteriores o utilizando mezclas de prueba, con los materiales que se vayan a usar en la obra (véase C.5.3), o ambos; exceptuando lo permitido en C.5.4 o lo requiendo en el Capítulo C.4.

C.5.3 - DOSIFICACION BASADA EN EXPERIENCIA DE OBRAS ANTERIORES O MEZCLAS DE PRUEBA, O AMBAS

C.5.3.1 - DESVIACION ESTANDAR

C.5.3.1.1 - Cuando una instalación productora de concreto disponga de registros de ensayos, debe calcularse su desviación estándar. La desviación estándar se debe calcular utilizando los registros de ensayos que cumplan las siguientes condiciones:

- (a) Representen los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas en la obra y las variaciones permitidas en los registros de ensayos de los materiales y sus proporciones no deben ser más restrictivas que las permitidas en la obra.
- (b) Representen un concreto producido para una resistencia o resistencias nominales, f'_c , que no difieran en más de 7 MPa de la resistencia nominal especificada para la obra.
- (c) Consistan de por lo menos 30 ensayos consecutivos, correspondientes cada uno de ellos al promedio de dos cilindros ensayados el mismo día, o de dos grupos de ensayos consecutivos que sumen, en total, al menos 30 ensayos como los define C.5.6.1.4, exceptuando lo indicado en C.5.3.1.2.

**TABLA C.5-1
COEFICIENTE DE MODIFICACION PARA LA DESVIACION ESTANDAR
CUANDO HAY DISPONIBLES MENOS DE 30 ENSAYOS**

Nº de Ensayos (Nota -1)	Coefficiente de modificación para la desviación estándar.(Nota - 2)
Menos de 15	Use la tabla C.5-2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Nota-1. Se puede interpolar entre el número de ensayos.

Nota-2. La desviación estándar modificada debe usarse para determinar la resistencia promedio requerida f'_{cr} que se utiliza en C.5.3.2.1.

C.5.3.1.2 - Cuando la instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos previos que cumplan los requisitos de C.5.3.1.1, pero tenga registros que contengan entre 15 y 29 ensayos consecutivos, la desviación estándar debe ser la desviación estándar calculada de los datos, multiplicada por el coeficiente de modificación dado en la tabla C.5-1. Para poder aplicar este procedimiento se deben cumplir los requisitos (a) y (b) de C.5.3.1.1 y los ensayos deben corresponder a un solo registro de ensayos consecutivos obtenidos en un periodo mayor de 45 días calendario.

C.5.3.2 - RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

C.5.3.2.1 - La resistencia promedio requerida f'_{cr} , en MPa, que se utiliza para dosificar el concreto, debe ser la mayor de las obtenidas con las ecuaciones C.5-1 y C.5-2, utilizando la desviación estándar, S, obtenida según C.5.3.1.1 o C.5.3.1.2:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S \tag{C.5-1}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S - 3.5 \text{ (MPa)} \tag{C.5-2*}$$

C.5.3.2.1 - Cuando la instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos para calcular la desviación estándar como lo pide C.5.3.1 o C.5.3.1.1, la resistencia promedio requerida, f'_{cr} en MPa, debe determinarse de la tabla C.5-2 y la documentación de la resistencia promedio debe cumplir los requisitos de C.5.3.3.

**TABLA C.5-2
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESION CUANDO NO HAY
DATOS QUE PERMITAN DETERMINAR LA DESVIACION ESTANDAR**

Resistencia nominal a la compresión f'_c MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión f'_{cr} MPa
Menos de 21 MPa	$f'_c + 7$ MPa
de 21 MPa a 35 MPa	$f'_c + 8.5$ MPa
más de 35 MPa	$f'_c + 10$ MPa

C.5.3.3 - DOCUMENTACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO - La documentación que debe dejarse para demostrar que la dosificación propuesta producirá una resistencia promedio a la compresión igual o mayor a la requerida en C.5.3.2 puede consistir en uno o varios ensayos de resistencia de obras anteriores, o de ensayos de resistencia de mezclas de prueba.

C.5.3.3.1 - Cuando se utilicen registros de ensayos para demostrar que la dosificación propuesta producirá la resistencia promedio requerida, f'_{cr} (C.5.3.2), los registros deben ser representativos de materiales y condiciones similares a las que se esperan. Las variaciones permitidas en los materiales, las condiciones y las proporciones dentro de los registros de ensayos no deben haber sido más restrictivas que las permitidas en la obra propuesta. Con el fin de documentar la resistencia promedio esperada, pueden usarse registros de ensayos consistentes en menos de 30 pero no menos de 10 ensayos consecutivos, siempre y cuando hayan sido obtenidas en un período de observación mayor de 45 días. La dosificación requerida del concreto puede obtenerse interpolando entre las resistencias y dosificaciones de dos o más registros de ensayos que cumplen con los otros requisitos de esta sección

C.5.3.3.2 - Cuando no se disponga de un registro aceptable de ensayos de obras anteriores, la dosificación del concreto puede establecerse por medio de mezclas de prueba que cumplan las siguientes restricciones:

- (a) Debe utilizarse la misma combinación de materiales que la utilizada en el trabajo propuesto.
- (b) Las mezclas de prueba con la dosificación y consistencia requeridas para el trabajo propuesto deben hacerse utilizando por lo menos tres relaciones agua-material cementante o contenidos de cemento diferentes, capaces de producir un rango de resistencias que cubra la resistencia promedio requerida f'_{cr} .
- (c) Las mezclas de prueba deben diseñarse de tal manera que su asentamiento esté dentro de ± 20 mm del valor especificado, o dentro de ± 0.5 por ciento del contenido máximo de aire cuando se trate de concreto con aire incorporado
- (d) Para cada relación agua-material cementante, o para cada contenido de cemento, deben producirse al menos tres cilindros de prueba para cada edad de ensayo. Estos cilindros deben fabricarse y curarse de acuerdo con la norma NTC 1377 (ASTM C192). Los cilindros deben ensayarse a los 28 días o a la edad designada para la determinación de f'_c .
- (e) Con los resultados de los ensayos de los cilindros debe dibujarse un gráfico que muestre la correspondencia entre la relación agua-material cementante o el contenido de cemento y la resistencia a la compresión a la edad designada.
- (f) La máxima relación agua-material cementante o el mínimo contenido de cemento que puede usarse en el trabajo propuesto debe ser aquella que se muestra en el gráfico que corresponde a la resistencia promedio requerida por C.5.3.2, a menos que se requiera un valor menor de la relación agua-material cementante de conformidad con el Capítulo C.4

C.5.4 - DOSIFICACION SIN EXPERIENCIA EN OBRAS ANTERIORES O MEZCLAS DE PRUEBA

C.5.4.1 - Si no se dispone de los datos que exige C 5 3, la dosificación del concreto puede determinarse usando otra información o experiencias, siempre y cuando sea aprobada por el Supervisor Técnico. La resistencia promedio requerida para el concreto, f'_{cr} , para concreto producido con materiales similares a los que se propone utilizar, debe ser al menos 8.5 MPa mayor que la resistencia nominal especificada, f'_c . Esta alternativa no debe utilizarse para dosificar concretos con una resistencia mayor de 28 MPa.

C.5.4.2 - El concreto dosificado utilizando la presente sección C 5 4 debe cumplir los requisitos de durabilidad del Capítulo C 4 y los criterios de resistencia a la compresión de C 5 6.

C.5.5 - REDUCCION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

C.5.5.1 - En la medida en que se tengan datos disponibles durante la construcción, es posible disminuir la cantidad por la cual f'_{cr} debe exceder a f'_c , siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- (a) Se dispone de más de 30 ensayos y el promedio de los resultados de los ensayos excede el requerido por C 5 3 2 1, usando la desviación estándar calculada de acuerdo con C 5 3 1 1, o
- (b) Se disponga de 15 a 29 ensayos y el promedio de los resultados de los ensayos excede el requerido por C 5 3 2 1, usando la desviación estándar calculada de acuerdo con C.5.3 1 2, y
- (c) Se cumplen los requisitos para condiciones especiales de exposición del Capítulo C.4.

C.5.6 - EVALUACION Y ACEPTACION DEL CONCRETO

C.5.6.1 - FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS

C.5.6.1.1 - Las muestras para las pruebas de resistencia correspondientes a cada clase de concreto, deben estar conformadas cuando menos por una pareja de cilindros tomados no menos de una vez por día, ni menos de una vez por cada 40 m³ de concreto o una vez por cada 200 m² de área de losas o muros. Como mínimo debe tomarse una pareja de muestras de concreto de columnas por piso. De igual manera, como mínimo debe tomarse una pareja de muestras por cada 25 batchadas de cada clase de concreto.

C.5.6.1.2 - Si en una determinada obra, el volumen total de concreto es tal que la frecuencia de los ensayos, da lugar a menos de 5 ensayos de resistencia para una misma clase de concreto, las muestras deben tomarse de por lo menos 5 mezclas seleccionadas al azar, o en cada mezcla si se usan menos de 5.

C.5.6.1.3 - Cuando la cantidad total de una clase de concreto sea menor de 10 m³, pueden suprimirse las pruebas de resistencia si, a juicio del Supervisor Técnico, existe suficiente evidencia de que la resistencia que se va a obtener es satisfactoria.

C.5.6.1.4 - Un ensayo de resistencia debe ser el resultado del promedio de resistencia de 2 cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, o a la edad especificada en caso de que sea diferente de 28 días.

C.5.6.2 - ENSAYO DE MUESTRAS CURADAS EN EL LABORATORIO

C.5.6.2.1 - Para el ensayo de resistencia, las muestras se deben tomar de conformidad con la norma NTC 454 (ASTM C172).

C.5.6.2.2 - Los cilindros para el ensayo de resistencia, deben fabricarse y curarse de conformidad con la norma NTC 550 (ASTM C31) y ensayarse según la norma NTC 673 (ASTM C39).