

ANEXO COMPLEMENTARIO

A1. ENSAYOS EXIGIDOS EN LA RESOLUCIÓN	A-2
A.1.1. LIXIVIACIÓN DE MATERIALES AL AGUA	A-2
A.1.2. ATOXICIDAD EN CONCRETO O MORTERO	A-2
A.1.3. REQUISITOS QUÍMICOS TUBERÍA DE FIBRA DE VIDRIO (GRP)	A-4
A.1.4. RESISTENCIA QUÍMICA TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)	A-6
A.1.5. RESISTENCIA QUÍMICA ACCESORIOS DE PVC	A-7
A.1.6. REQUISITOS DE REVESTIMIENTO TUBERÍA DE HIERRO DUCTIL (HD)	A-9
A.1.7. RESISTENCIA QUÍMICA TUBERÍA DE ARCILLA VITRIFICADA (GRES)	A-16
A.1.8. RESISTENCIA QUÍMICA ACCESORIOS DE ARCILLA VITRIFICADA (GRES)	A-18
A.1.9. REQUISITOS DE DURABILIDAD PARA EL CONCRETO	A-19

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

ACODAL	Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
ANSI	American National Standard Institute
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWWA	American Water Works Association
CNA	Consejo Nacional de Acreditación
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
ESP	Empresa Prestadora de Servicios Públicos
IAF	Foro Internacional de Acreditación
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ILAC	Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios
INN	Instituto Nacional de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia
MinSalud	Ministerio de Salud y Protección Social
MLA	Acuerdo de Reconocimiento Multi-lateral
MRA	Acuerdo de Reconocimiento Mutuo
MVCT	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
NSF	National Science Foundation
NSR	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
NTC	Norma Técnica Colombiana
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OMC	Organización Mundial del Comercio
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
PDA	Plan Departamental de Agua
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
SNCA	Subsistema Nacional de la Calidad
SNC	Sistema Administrativo Nacional de Competitividad
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SUI	Sistema Único de información
VUCE	Ventanilla Única de Comercio Exterior

SIGLAS TUBERÍAS

CCP	<i>Concrete Cylinder Pipe,</i> Tubería de concreto con cilindro de acero, refuerzo de varilla y revestimientos en mortero de cemento
CP	<i>Concrete Pipe,</i> Tubería de Concreto sin refuerzo
RCP	<i>Reinforced Concrete Pipe,</i> Tubería de Concreto Reforzado
RCP+PE	<i>Centrifugally cast and filled polyester resin glass fibre reinforced pipe,</i> Tubería de concreto reforzado con revestimiento interno de Polietileno
PVC-U	<i>Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride),</i> Tubería de PVC con pared estructural
PEAD-PE	<i>Structured-wall piping systems of polyethylene,</i> Tubería de polietileno de alta densidad con pared estructural corrugada
PEAD-DPE	<i>Structured-wall piping systems of polyethylene,</i> Tubería de polietileno de alta densidad de doble pared, exterior corrugada e interior liso.
PVC-OP	<i>PVC Profile Gravity Sewer Pipe,</i> Tubería de PVC de perfil abierto para alcantarillado
PVC-CP	<i>PVC Closed Profile gravity Pipe,</i> Tubería de PVC de perfil cerrado para alcantarillado
GRES	<i>Vitrified Clay Pipe,</i> Tubería de arcilla vitrificada
GRP	<i>Glass Reinforced Polyester Pipe,</i> Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio para alcantarillado
PVC DP	<i>PVC Dual wall corrugated profile,</i> Tubería de PVC de doble Pared

CP	<i>Compact Pipe,</i> Tubería previamente doblada
CIPP	<i>Cured in Place Pipe,</i> Tubería curada en sitio
GRP	<i>Glass Reinforced Polyester Pipe,</i> Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio
PCSP	<i>Precoated Corrugated Steel Pipe,</i> Tubería metálica corrugada con revestimiento interno en concreto para alcantarillado pluvial
RCCP	<i>Reinforced Concrete Cylinder Pipe,</i> Tubería de Concreto Reforzado con cilindro de acero para presión
RCCP	<i>Reinforced Concrete Pressure Pipe,</i> Tubería de Concreto Reforzado sin cilindro de acero para presión
HD	<i>Ductil-Iron Pipe,</i> Tubería de Hierro Dúctil
PE	<i>Polyethylene Pressure Pipe,</i> Tubería de Polietileno
PF+UAD	<i>Polyethylene Pressure Pipe and Tubing,</i> Tubería de Polietileno para acometidas domiciliarias
PVC	<i>Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe,</i> Tubería de Poli Cloruro de Vinilo
PVC-O	<i>Oriented Poly(Vinyl Chloride) Pressure Pipe,</i> Tubería de Poli Cloruro de Vinilo Orientado
SWP	<i>Steel Water Pipe,</i> Tubería metálica de acero soldado sin costura

REFERENCIAS NORMATIVAS

- ACI, American Concrete Institute. (2014). *ACI 318M, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (metric)*. USA: American Concrete Institute.
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Decreto Número 926 de 2010*. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- ANSI, American National Standards Institute. (2015). *ANSI/ NSF 61, Drinking water system components - Health effects*. USA: American National Standards Institute.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2011). *ASTM C443M, Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2012). *ASTM D3681, Standard Test Method for Chemical Resistance of "Fiberglass" (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe in a Deflected Condition*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2013). *ASTM C301, Standard Test Methods for Vitrified Clay Pipe*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2013). *ASTM C700, Standard Specification for Vitrified Clay Pipe, Extra Strength, Standard Strength, and Perforated*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2014). *ASTM D2665, Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Drain, Waste, and Vent Pipe and Fittings*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2015). *ASTM C14M, Standard Specification for Nonreinforced Concrete Sewer, Storm Drain, and Culvert Pipe*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2015). *ASTM C478M, Standard Specification for Circular Precast Reinforced Concrete Manhole Sections*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2015). *ASTM C494 /C494M, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. USA: American Standards Trade Marks.

- ASTM, American Standards Trade Marks. (2015). *ASTM C76M, Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2016). *ASTM C1433, Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers*. USA: American Standards Trade Marks.
- ASTM, American Standards Trade Marks. (2016). *ASTM D3262, Standard Specification for "Fiberglass" (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Sewer Pipe*. USA: American Standards Trade Marks.
- AWWA, American Water Works Association. (2007). *ANSI/AWWA C900, Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 In. Through 12 In. (100 mm Through 300 mm), for Water Transmission and Distribution*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2008). *ANSI/AWWA C303, Concrete Pressure Pipe, Bar-Wrapped, Steel-Cylinder Type*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2008). *ANSI/AWWA C901, Polyethylene (PE) Pressure Pipe and Tubing, ½ In. (13 mm) 3 In. Through (76 mm) for Water Service*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2009). *ANSI/AWWA C151, Ductile-Iron Pipe, Centrifugally Cast*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2010). *ANSI/AWWA C905, Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 14 In. Through 48 In. (350 mm Through 1,200 mm) for Water Transmission and Distribution*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2011). *ANSI/AWWA C300, Reinforced Concrete Pressure Pipe, Steel-Cylinder Type*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2011). *ANSI/AWWA C302, Reinforced Concrete Pressure Pipe, Noncylinder Type*. USA: American Water Works Association.
- AWWA, American Water Works Association. (2012). *ANSI/AWWA C200, Steel Water Pipe, 6 In. (150 mm) and Larger*. USA: American Water Works Association.

AWWA, American Water Works Association. (2013). *ANSI/AWWA C950, Fiberglass Pressure Pipe*. USA: American Water Works Association.

AWWA, American Water Works Association. (2015). *ANSI/AWWA C906, Polyethylene (PE) Pressure Pipe and Fittings, 4 In. Through 65 In. (100 mm Through 1,650 mm), for Waterworks*. USA: American Water Works Association.

BSI, British Standards Institution. (2002). *BS 5911-1, Concrete pipes and ancillary concrete products. Specification for unreinforced and reinforced concrete pipes (including jacking pipes) and fittings with flexible joints*. UK: British Standards Institution.

Empresa de Acueducto de Bogotá E.S.P. (EAB). (2005). *NS-123. Criterios para selección de materiales de Tuberías para Redes de Acueducto y Alcantarillado. ver 0.3*. Bogotá D.C, Colombia.

Empresa de Acueducto de Bogotá E.S.P. (EAB). (2008). *NP-032. Tuberías para Acueducto. ver 6.1*. Bogotá D.C, Colombia.

Empresa de Acueducto de Bogotá E.S.P. (EAB). (2013). *NP-027. Tuberías para Alcantarillado. ver 9.0*. Bogotá D.C, Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (1995). *NTC 3796. Métodos de ensayo para tubos de gres. Primera actualización*. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (1997). *NTC 4089. Tubos y accesorios de gres para alcantarillado y perforados para drenaje. Resistencia normal*. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (1999). *NTC 3526. Juntas de compresión para tubos y accesorios de Gres*. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2001). *NTC 4952. Tubos de Hierro Dúctil para tuberías con o sin presión. Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado. Requisitos generales*. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2004). *NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería*. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2005). *NTC 747. Tubos de concreto para presión, tipo cilindro de acero con refuerzo de varilla*. Segunda actualización. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2005). *NTC ISO/IEC 17000*.

Evaluación de la conformidad. Vocabulario y principios generales. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2006). *NTC 1341. Accesorios de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido para tubería sanitaria, aguas lluvias y ventilación.* Séptima actualización. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2011). *NTC 1087. Tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido para uso sanitario, aguas lluvias y ventilación.* Quinta actualización. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2012). *NTC 3722-1. Sistema de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados (o bajo tierra). Sistemas de tuberías de pared estructural de poli (cloruro de vinilo) rígido (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Parte 1: Especificaciones de material y criterios de desempeño para tuberías, accesorios y sistemas. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2012). *NTC 3722-2. Sistema de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados (o bajo tierra). Sistemas de tuberías de pared estructural de poli (cloruro de vinilo) rígido (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Parte 2: Tuberías y accesorios con superficie externa lisa, Tipo A. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2012). *NTC 3722-3. Sistema de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados (o bajo tierra). Sistemas de tuberías de pared estructural de poli (cloruro de vinilo) rígido (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Parte 3: Tuberías y accesorios con superficie externa no lisa, Tipo B. Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2013). *NTC 3870. Plásticos. Tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) para uso en sistemas de alcantarillado.* Cuarta actualización. Colombia.

ISO, International Organization for Standardization. (2005). *ISO 4179, Ductile iron pipes and fittings for pressure and non-pressure pipelines -- Cement mortar lining.* USA: International Organization for Standardization.

ISO, International Organization for Standardization. (2011). *ISO 7186, Ductile iron products for sewerage applications.* USA: International Organization for Standardization.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Resolución 1166 de 2006.). *Por la cual se expide el Reglamento Técnico que señala los requisitos técnicos que deben cumplir los tubos de acueducto, alcantarillado, los de uso sanitario y los de*

aguas lluvias y sus accesorios que adquieran las personas prestadoras de los servicios. Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Resolución 1127 de 2007). *Por la cual se modifica la Resolución No. 1166 de 2006. Colombia.*

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2014). *Decreto 1471 de 2014. Por el cual se reorganiza el Subsistema Nacional de la Calidad y se modifica el Decreto 2269 de 1993. Colombia.*

Ministerio de Desarrollo Económico. (1993). *Decreto 2269 de 1993. Por el cual se organiza el Sistema Nacional de normalización, certificación y metrología. Colombia.*

Ministerio de Desarrollo Económico. (Decreto 229 de 2002.). *Por la cual se modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2002. Colombia.*

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). *Reglamento técnico para las instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (RETHISA) al Interior de las viviendas. Colombia.*

A1. ENSAYOS EXIGIDOS EN LA RESOLUCIÓN A1.1 LIXIVIACIÓN DE METALES AL AGUA

ANSI /NSF 61: 2015, o aquel que lo sustituya. Evaluación de la capacidad de lixiviación de metales al agua, procedentes de tuberías o accesorios de cualquier material o de los revestimientos internos de tubos o ductos construidos o conformados en sitio, cuando se usan en contacto con agua destinada al consumo humano.

A1.2. ATOXICIDAD EN CONCRETO O MORTERO

Norma NTC 747:2005 segunda actualización (Documento de referencia ANSI/AWWA C303/2002) siguiendo los procedimientos indicados en la norma ASTM C 494/2008.

Tubos de concreto para presión, tipo cilindro de acero con refuerzo de varilla CCP

a) ALCANCE

Esta norma describe la fabricación de tubos de concreto para presión, tipo cilindro de acero con varilla de refuerzo de acero dúctil enrollada helicoidalmente sobre el cilindro de acero, en diámetros desde 250 mm hasta 1 830 mm (10 pulgadas a 72 pulgadas) inclusive, y para presiones de trabajo hasta de 2 760 kPa (400 psi). Con base en los conceptos de esta norma, se han fabricado tubos de diámetros mayores que resisten presiones superiores. Previo acuerdo entre el comprador y el fabricante, el tubo se puede fabricar en diámetros mayores y para presiones superiores a las indicadas aquí. Esta norma no incluye requisitos para diseño, manipulación, entrega, colocación, ensayos de campo ni desinfección de los tubos y los accesorios. Véase el manual AWWA M9, Concrete Pressure Pipe, para información sobre estos temas.

a) Aditivos

El concreto, el mortero de cemento o la lechada puede contener un aditivo para reducir el agua y controlar el fraguado que cumpla lo establecido en la norma ASTM C494. Ningún aditivo debe contener cantidades nocivas de cloruros. Antes de fabricar el tubo, el comprador debe ser notificado del tipo y la cantidad de aditivos (si existen), cuando así lo requieren las especificaciones del comprador.

A1.3. REQUISITOS QUÍMICOS TUBERÍA DE FIBRA DE VIDRIO (GRP)

Norma **NTC 3870** Cuarta actualización. Requisitos químicos en el numeral 8.2 (Documento de referencia ASTM B 3262:2011), de acuerdo a los ensayos químicos de que trata la norma ASTM D3681: 2012.

6.3. Requisitos Químicos

6.3.1. Largo plazo

Los especímenes de tubos, al ser ensayados de acuerdo con el numeral 8.2.1, deben ser capaces de ser deflectados sin sufrir fallas al nivel de deformación de 50 años presentado en la Tabla 4, cuando estén expuestos a ácido sulfúrico de concentración 1,0 N.

NOTA 8 Véase el Apéndice XI sobre derivación de los requisitos químicos mínimos para el alcantarillado sanitario presentada en la Tabla 4.

Tabla 4. Requisitos químicos mínimos de tubería para alcantarillado sanitario

Rigidez de la tubería, kPa (Psi)	Deformación máxima					
	6 min	10 h	100 h	1 000 h	10 000 h	50 años
62(9)	0,97 (t/d)	0,84 (t/d)	0,78 (t/d)	0,73 (t/d)	0,68 (t/d)	0,60 (t/d)
124(18)	0,85 (t/d)	0,72 (t/d)	0,66 (t/d)	0,61 (t/d)	0,56 (t/d)	0,49 (t/d)
248(36)	0,71 (t/d)	0,60 (t/d)	0,55 (t/d)	0,51 (t/d)	0,47 (t/d)	0,41 (t/d)
496(72)	0,56 (t/d)	0,48 (t/d)	0,44 (t/d)	0,41 (t/d)	0,38 (t/d)	0,34 (t/d)

En donde: t y d son el espesor nominal total de la pared y el diámetro promedio (diámetro interno más t) según lo determinado de acuerdo con el numeral 8.1.

8.2.1. Ensayos Químicos

La tubería se ensaya de acuerdo con la norma ASTM D 3681.

8.2.2. Largo plazo

Para saber si la tubería cumple con los requisitos del numeral 6.3.1, se determinan por lo menos 18 puntos de falla de acuerdo con la norma ATSM D 3681.

8.2.1.1. Procedimiento de calificación alternativo. Se ensayan cuatro especímenes, cada uno a los esfuerzos mínimos de 10 h y 10 000 h presentados en la Tabla 4. Se considera que el producto está calificado si todos los 18 especímenes se ensayan sin falla al menos durante los tiempos prescritos en la Tabla 4 (es decir 10h, 100 h, 1 000 h o 10 000 h, respectivamente).

8.2.3. Requisitos de control

Se ensayan por lo menos seis especímenes, de acuerdo con uno de los siguientes procedimientos y se registran los resultados:

8.2.2.1. Se ensayan mínimo 3 especímenes en cada uno de los niveles de esfuerzo correspondientes a tiempos de fallas de 100 h y 1 000 h desde la línea de regresión del producto establecida en el numeral 8.2.1.

8.2.2.2. Cuando se usa el método alternativo descrito en el numeral 8.2.1.1 para calificar el producto, se ensayan mínimo tres muestras, cada una a esfuerzos mínimos a 100 h y 1 000 h dadas en la Tabla 4 por lo menos 100 h y 1 000 h respectivamente.

8.2.2.3. Los procedimientos de ensayo de control del numeral 8.2.2.2 pueden ser usados como una alternativa del procedimiento de reconfirmación descrito en la norma ASTM D 3681 para aquellos productos evaluados por el procedimiento alternativo descrito en el numeral 8.2.1.1.

A1.4. RESISTENCIA QUÍMICA TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Norma NTC 1087, quinta actualización. Método de ensayo para determinación de la resistencia química indicados en el numeral 6.7 (Documento de referencia ASTM D 2665:2000).

Tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido. PVC-S, PVC-U, PVC-O

6.7. Resistencia Química

Los tubos para uso "sanitario-aguas lluvias", cuando sean sometidos al ensayo indicado en el numeral 8.8, no deben presentar un incremento o pérdida de masa de 0,5 % y finalizado el ensayo, deben cumplir con el requisito de resistencia al aplastamiento transversal (véase el numeral 6.3).

8.8 Determinación de la Resistencia Química

8.8.1 Reactivos Se efectúa empleando cada una de las sustancias indicadas en la Tabla 4.

8.8.2 Especímenes de ensayo. Se cortan especímenes de 50 mm de longitud. Deben ensayarse tres especímenes por cada sustancia, seleccionados de la totalidad de la muestra tomada.

8.8.3 Procedimiento

Se determina la masa de los especímenes con aproximación de 0,1 g y se sumergen completamente (usando una pesa si es necesario) en la sustancia durante un periodo de 72 h.

En ningún caso, una proporción significativa de las superficies de las probetas, puede tener contacto con la superficie de otra probeta, con las paredes del recipiente, o con cualquier pesa que sea utilizada.

Finalizado el periodo de ensayo se retiran los especímenes del líquido, se lavan con agua corriente, se secan con un trapo seco, limpio, suave y absorbente, se acondicionan durante 120 min a 130 min y se determina la masa de nuevo con aproximación a 0.1 g.

8.8.4 Expresión de los resultados

Para cada espécimen se calcula el porcentaje de incremento o pérdida en masa con aproximación al 0,01 %, por medio de la siguiente expresión:

$$\Delta_m = 100 * \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right]$$

En donde:

m_1 = masa del espécimen antes de la inmersión, en g

m_2 = masa del espécimen después de la inmersión, en g

Tabla 4. Sustancias utilizadas para determinar resistencia química

Sustancias químicas	Concentración en solución acuosa
Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃)	0,1 N
Sulfato de sodio (Na ₂ SO ₄)	0,1 N
Cloruro de sodio (NaCl)	5 %
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	0,1 N
Ácido clorhídrico (HCl)	0,2 N
Ácido acético (CH ₃ COOH)	5 %
Hidróxido de sodio (NaOH)	0,2 N
Jabón de tocador	5 %
Detergentes caseros	5 %

A1.5. RESISTENCIA QUIMICA ACCESORIOS DE PVC

NORMA NTC 1341 - séptima actualización

Accesorios de poli(cloruro de vinilo) (pvc) rígido para tubería sanitaria-aguas lluvias y ventilación. PVC-S, PVC-U, PVC-O

6.2 Resistencia Química

Los accesorios sometidos al ensayo indicado en el numeral 8.4 no deben presentar un incremento o pérdida de masa mayor al 0,5 %.

8.4 Determinación de la Resistencia Química

8.4.1 Reactivos Se efectúa empleando cada una de las sustancias indicadas en la Tabla 2.

8.4.2 Especímenes de ensayo. Se debe ensayar un accesorio o una fracción de cada accesorio por sustancia, seleccionados de la totalidad de la muestra tomada.

8.4.3 Procedimiento

Se determina la masa de los especímenes con aproximación de 0,1 g y se sumergen completamente (usando una pesa si es necesario) en la sustancia durante un periodo de 72 h.

En ningún caso, una proporción significativa de las superficies de las probetas, puede tener contacto con la superficie de otra probeta, con las paredes del recipiente, o con cualquier pesa que sea utilizada.

Finalizado el período de ensayo se retiran los especímenes del líquido, se lavan con agua corriente, se secan con un trapo seco, limpio, suave y absorbente, se acondicionan durante 120 min a 130 min y se determina la masa de nuevo con aproximación a 0.1 g.

8.4.4 Expresión de los resultados

Para cada espécimen se calcula el porcentaje de incremento o pérdida en masa con aproximación al 0,01 %, por medio de la siguiente expresión:

$$\Delta_m = 100 * \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right]$$

En donde:

m_1 = masa del espécimen antes de la inmersión, en g

m_2 = masa del espécimen después de la inmersión, en g

Tabla 2. Sustancias utilizadas para determinar resistencia química

Sustancias químicas	Concentración en solución acuosa
Carbonato de sodio (Na_2CO_3)	0,1 N
Sulfato de sodio (Na_2SO_4)	0,1 N
Cloruro de sodio (NaCl)	5 %
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	0,1 N
Ácido clorhídrico (HCl)	0,2 N
Ácido acético (CH_3COOH)	5 %
Hidróxido de sodio (NaOH)	0,2 N
Jabón de tocador	5 %
Detergentes caseros	5 %

7.4.1. Se debe ensayar un accesorio o fracción de accesorio por cada sustancia.

7.4.2. Se determina la masa de los accesorios o fracciones de accesorios con aproximación a 0,1 g y se sumergen completamente en la sustancia durante 72 h. Finalizado este periodo, se retiran, se lavan con agua corriente, se secan con un trapo limpio y seco, se acondicionan entre 120 min y 130 min y se determina la masa de nuevo.

7.4.3. La diferencia de masa se calcula con aproximación al 0,01 % con base en la masa inicial.

A1.6. REQUISITOS DE REVESTIMIENTO TUBERÍA EN HIERRO DUCTIL (HD)

Norma NTC 4952 (2001-11-28) (Documento de referencia ISO 4179:96). Requisitos de revestimiento

Tubos de hierro dúctil para tuberías con o sin presión. revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado. requisitos generales

0. Introducción

Esta norma es equivalente a su documento de referencia excepto:

En el numeral 2 se mencionan las NTC que son equivalentes a las normas ISO, ASTM, adicionalmente se agregaron las NTC que se aplican en Colombia para el cemento y arena que va ser utilizado en el mortero de cemento.

En el numeral 3.1 se mencionan las NTC que se utilizan en Colombia para el cemento.

En el numeral 3.2 se mencionan las NTC que se utilizan en Colombia para la arena, específicamente el muestreo.

1. Objeto

Esta norma tiene por objeto especificar la naturaleza, el método de aplicación, la condición de la superficie y el espesor mínimo del revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado de los tubos de hierro dúctil para tuberías con o sin presión, como se define en la NTC 2587 y la norma ISO 7186.

Nota. Cuando se utiliza este revestimiento para el transporte de fluidos agresivos, se puede admitir, ya sea por separado o en combinación:

- un aumento en el espesor del revestimiento
- la modificación del tipo de cemento
- la aplicación de un recubrimiento sobre el revestimiento

2. Normas que deben consultarse

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación:

NTC 30:1966, Cemento Portland. Clasificación y nomenclatura.

NTC 77: 1994, Ingeniería civil y arquitectura. Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. (ASTM C136)

NTC 121: 1982, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas. (ASTM C150)

NTC 174 :2000, Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto. (ASTM C33)

NTC 321 :1982, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones químicas. (ASTM C150)

NTC 2587: 1999, Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas, para aplicaciones en gas o agua (ISO 2531).

NTC 2629: 1989, Tubería metálica. Tubería de hierro dúctil. Revestimiento de mortero-cemento centrifugado. Controles de composición del mortero recientemente aplicado (ISO 6600).

ISO 6708, Pipe components. Definitions of nominal size.

ISO 7186, Ductile iron pipes and accessories for sewers and drains without pressure.

3. Materiales

3.1. Cemento

El cemento utilizado como revestimiento debe guardar conformidad con las NTC 30, NTC 121 y NTC 321, aplicables a este tipo de producto.

El fabricante podrá utilizar el tipo de cemento que mejor le convenga, según su parecer, sin embargo, debe informarle al comprador.

3.2. Arena

La arena utilizada debe tener una distribución granulométrica controlada, desde los elementos más finos hasta los más gruesos. Debe encontrarse limpia y estar compuesta por partículas granulares inertes, duras, resistentes y estables.

El muestreo se debe efectuar de acuerdo con la NTC 77 aplicable a los materiales de construcción.

La curva granulométrica de la arena se debe establecer por medio de tamices normalizados y debe cumplir los siguientes requisitos:

- NTC 174
- la fracción fina (partículas que pasan por un tamiz de una abertura de malla de 0,125 mm) no debe ser superior a un 10 % de la masa.
- la fracción compuesta por granos hasta un diámetro máximo equivalente a la tercera parte del espesor normal del revestimiento de mortero, no debe ser inferior a un 50 %, de la masa.
- la fracción de los granos más gruesos del mortero (partículas que no pasan a través del tamiz cuya abertura de malla es la más cercana de la mitad del espesor normal del revestimiento de mortero), no debe ser superior de un 5 %, de la masa.

La limpieza de la arena se considera, desde el punto de vista del contenido de impurezas orgánicas y materias arcillosas, teniendo en cuenta los métodos que se mencionan a continuación.

El ensayo de las impurezas orgánicas se debe hacer aplicando el método colorimétrico, según las Normas Técnicas Colombianas vigentes (usando este método, la arena no debe producir una coloración más oscura que la de la solución de referencia).

La determinación del contenido de materias arcillosas y otras partículas finas en la arena (de dimensión inferior a 80 μ m), para la fabricación del revestimiento de mortero de cemento, se debe hacer aplicando las Normas Técnicas Colombianas. El porcentaje no debe exceder el 2 % de la masa.

3.3 Agua

El agua utilizada para la preparación del mortero no debe contener ningún elemento o sustancia capaz de perjudicar la calidad del mortero o la del agua que eventualmente el tubo esta finalmente destinado a transportar. La presencia de partículas minerales solidas se puede admitir, sin embargo, dentro de los límites que respeten debidamente estos requisitos.

3.4. Mortero

El mortero del revestimiento debe estar compuesto por cemento, arena y agua. Se pueden usar aditivos, que deben ser especificados, con la seguridad de no perjudicar la calidad del revestimiento ni la calidad del agua transportada, y, del mismo modo, que el revestimiento guarde siempre conformidad con todos los requisitos de esta norma.

El mortero se debe mezclar lo más perfectamente posible y su consistencia debe dar lugar a la obtención de un revestimiento denso y homogéneo. El mortero debe contener, en masa, una proporción de cemento de por lo menos, la que corresponde a 3,5 partes de arena (o sea $A/C \leq 3,5$ el peso en el mortero)⁽¹⁾.

4. Requisitos de la superficie interior del tubo antes de la aplicación del revestimiento

La superficie sobre la cual se va aplicar el revestimiento no debe contener ningún cuerpo extraño, calamina no adherida o cualquier otro material capaz de oponerse al correcto contacto entre el metal y el revestimiento.

Adicionalmente, la superficie interior del tubo debe estar libre de proyecciones de metal que formen protuberancias que sobrepasen un 50 % del espesor del revestimiento.

5. Aplicación del revestimiento

El mortero de cemento del revestimiento se debe aplicar por centrifugación en el interior de los tubos.⁽²⁾

A excepción de la superficie interna de la unión, las partes del tubo que están destinadas a permanecer en contacto con el agua transportada deben quedar totalmente revestidas de mortero.

El mortero no debe presentar cavidades o burbujas de aire visibles, y debe ser preciso darle una densidad máxima en todos sus puntos. La consistencia del mortero, así como la duración y velocidad de centrifugación del tubo se deben siempre ajustar de tal modo que la segregación de la arena en el revestimiento sea reducida a lo mínimo posible.

Una vez finalizada la centrifugación, el curado del revestimiento debe hacerse a temperaturas superiores a 0 °C. La posible pérdida de agua del mortero, por evaporación, debe ser lo suficientemente lenta para no impedir su endurecimiento.

(1) Los métodos para la determinación de la relación arena /cemento (A/C), se deben consultar en la NTC 2629.

(2) Esta norma se puede aplicar, en forma análoga, para aquellos procedimientos en que el revestimiento de la capa de mortero de cemento se aplica mediante una cabeza de proyección centrífuga.

Se permiten las reparaciones de las áreas dañadas o defectuosas. Eliminando entonces, en primer lugar, el mortero dañado de las áreas correspondientes. A continuación, se repararán las áreas defectuosas utilizando, por ejemplo, una paleta para aplicar mortero fresco, de tal modo que se obtenga un revestimiento continuo de espesor constante.

Para tal fin, se utilizará un mortero de consistencia adecuada, al que se le agregaran así se requiere, aditivos para obtener una buena adherencia contra el mortero no dañado.

6. Espesor del revestimiento

El espesor normal del revestimiento y los valores mínimos admisibles en promedio y locales son los establecidos en la tabla 1.

En los extremos del tubo, el revestimiento puede reducir a valores inferiores del espesor mínimo. La longitud de la parte achaflanada debe ser lo más reducida posible, pero en ningún caso debe ser inferior a 50 mm.

7. Determinación del espesor del revestimiento

El control del espesor del revestimiento se efectúa en el mortero recién centrifugado, por penetración de un alfiler de acero o, en el mortero una vez endurecido, por aplicación de un método de medición no destructivo.

El espesor del revestimiento se debe medir en ambos extremos del tubo, y al menos una sección perpendicular al eje del tubo.

En cada sección que debe estar como mínimo a una distancia de 200 mm a partir del extremo del tubo, la medición se debe efectuar en cuatro puntos espaciados a intervalos de 90°.

Los valores del espesor del revestimiento se deben aproximar a la 0,1 mm más cercana.

El espesor del revestimiento medido en cualquier punto del tubo no debe ser inferior al valor mínimo indicado en la Tabla 1.

La media aritmética de las cuatro medidas en cada sección, no debe ser inferior al valor promedio mínimo que se indica en la Tabla 1.

8. Condición de la superficie del revestimiento endurecido

La superficie del revestimiento de mortero de cemento debe ser uniformemente lisa. Los granos de arena únicamente podrán sobresalir superficialmente y de forma aislada en la superficie del revestimiento.

El revestimiento no debe ser desmoronable, ni presentar rugosidades o surcos que puedan dar lugar a espesores locales inferiores a los valores nominales en un cualquier punto, tal como se especifica en la Tabla 1.

Como consecuencia de la contracción del revestimiento, resulta imposible evitar la formación de grietas. Tanto las grietas de contracción como las grietas aisladas que puedan derivarse de la fabricación o del transporte de los tubos, se pueden aceptar hasta un ancho de 0,8 mm.

La estructura del revestimiento guarda relación con el proceso de centrifugación.

En la pared interna del revestimiento se forma una capa delgada de arena fina y cemento que puede alcanzar, aproximadamente, la cuarta parte del espesor total del mortero.

9. Condiciones de ensayo

Los diversos controles especificados en esta norma se deben realizar bajo las siguientes condiciones.

9.1. Arena

Generalmente, se considera suficiente la determinación de la curva granulométrica de la arena por medio de una muestra promedio que corresponda para cada procedencia de aprovisionamiento a la cantidad necesaria para una semana de producción.

El control de las impurezas orgánicas y del contenido en cuanto a materias arcillosas podrá ser efectuado únicamente mediante una muestra promedio representativa de las cantidades necesarias para un mes de fabricación.

Se podrán modificar las frecuencias de estos controles acorde a la regularidad de los suministros, y aumentadas por lo menos provisionalmente, en caso de cambio de la procedencia del suministro o bien, de irregularidades comprobadas en los aprovisionamientos de la misma procedencia.

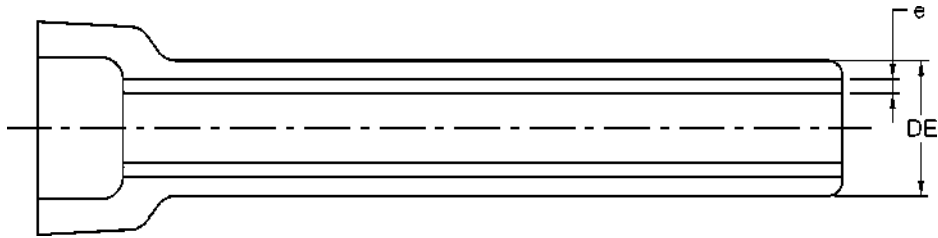
9.2. Espesor del revestimiento

El espesor del revestimiento se debe verificar, por lo menos, en un tubo por turno y por instalación de centrifugación, y para cada diámetro fabricado.

9.3. Aspecto del revestimiento

Se debe someter cada tubo a un control para observar el aspecto del revestimiento, con una referencia especial al estado de superficie y el acabado de los extremos.

De ser necesaria alguna reparación después de este examen, se debe realizar de acuerdo



con el método descrito en el numeral 5.

Tabla 1. Espesor de capa del revestimiento con mortero de cemento

Dimensiones en milímetros

Grupo de DN	Diámetro nominal ^{1*} (DN)	DE	Espesor de capa e			Masa por m lineal aproximadamente ^{2*} kg
			Normal	Valor medio mínimo	Valor mínimo en un punto	
I	40	56	3	2,5	1,5 ³⁾	0,8
	50	66				1
	60	77				1,3
	65	82				1,4
	80	98				1,7
	100	118				2,1
	125	144				2,7
	150	170				3,2
	200	222				4,2
	250	274				5,2
II	300	326	5	4,5	2,5	6,3
	350	378				12,3
	400	429				14
	500	532				17,5
III	600	635	6	5,5	3,0	20,9
	700	738				29,3
	800	842				33,4
	900	945				37,6
	1 000	1 048				41,7
IV	1 200	1 255	9	8,0	4,0	5
	1 400	1 462				87,6
	1 600	1 668				100,1
	1 800	1 875				112,5
	2 000	2 082				125

Grupo de DN	Diámetro nominal ^{1*} (DN)	DE	Espesor de capa e			Masa por m lineal aproximadamente ^{2*} kg
			Normal	Valor medio mínimo	Valor mínimo en un punto	
V	2 200	2 288	12	10,0	5,0	183,5
	2 400	2 495				200
	2 600	2 702				216,6

- 1) De conformidad con la norma ISO 6708.
- 2) Masa calculada con base en el espesor normal y un diámetro interior equivalente al valor del diámetro nominal, tomando como densidad 2 200 kg/m³.
- 3) El valor mínimo 1,5 mm se puede considerar suficiente, según la literatura técnica, para garantizar la protección de las tuberías contra la corrosión.

Documento de Referencia

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Ductile Iron Pipes for Pressure and Non-Pressure Pipelines. Centrifugal Cement Mortar Lining. General Requirements. Geneva: ISO, 1985, 4 p. il (ISO 4179).

A1.7. RESISTENCIA QUIMICA TUBERÍA DE ARCILLA VITRIFICADA (GRES)

NORMA NTC 3796 primera actualización. Ingeniería civil y arquitectura. Métodos de ensayo para tubos de gres. Método de ensayo de resistencia a los ácidos de que trata el numeral 8, (Documento de referencia ASTM C 301:93).

Tubos de Arcilla Vitrificada (Gres).

1. Objeto

1.1. Esta norma abarca los equipos y las técnicas para el ensayo de tubos de gres antes de ser instalados.

El ensayo hace uso de tubos completos para determinar la resistencia de soporte y a las fuerzas hidrostáticas. Así mismo el ensayo hace uso de fragmentos de tubos para cuantificar la absorción de agua en el cuerpo del tubo y la cantidad de material soluble en ácido que puede ser extraído de los mismos.

1.2. Los valores se registrarán de acuerdo al sistema internacional de unidades. Véase la NTC 1000. Metrología.

1.3. Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

Nota 1. Las siguientes normas también están relacionadas con tubos de arcilla y pueden utilizarse para mayor información: la NTC 1259 y norma ASTM C828; norma ASTM C425 y norma ASTM C700.

8. Resistencia a los ácidos

8.1. Se determina la resistencia a los ácidos de los tubos de gres por extracción del material soluble en ácido.

8.2. Reactivos

Cuando se ensaye con ácido sulfúrico (H_2SO_4), clorhídrico (HCl), nítrico (HNO_3) o acético (CH_3COOH), según lo especifique el comprador, se debe usar una solución ácida 1 N.

Nota 2. Estas soluciones 1N deben contener, respectivamente, 49 g, 36,5g, 63 g y 60 g del ácido por litro de solución. Para propósitos de este ensayo, las soluciones pueden prepararse tomando los siguientes volúmenes de ácido diluyéndolos en 1 L; (H_2SO_4) (G.E. 1,84), 28,5 mL; HCl (G.E. 1,19), 88,9 ml; (HNO_3) (G.E. 1,42), 65 mL; y ácido acético (G.E. 1,05), 57,7 mL.

8.3. Especímenes de ensayo

8.3.1. Los especímenes para el ensayo de resistencia a los ácidos deben ser cuadrados de 50 mm de lado aproximadamente, con una masa máxima de 200 g. Deben ser piezas sin defectos con todos sus bordes recién quebrados, libre de grietas o bordes fracturados, y deben estar bien limpias.

8.3.2. Se ensaya como mínimo 1 espécimen de cada tamaño de tubo.

8.4. Aparato de pesado

La balanza usada para medir la masa de los especímenes debe ser sensible a los 0,01 g cuando se carga con 200 g.

8.5. Procedimiento

8.5.1. Se secan los especímenes hasta alcanzar una masa constante a una temperatura no menor que 110 °C.

8.5.2. Se suspenden los especímenes secos en el ácido a una temperatura entre los 21 °C y 32 °C por un periodo de 48 h, luego se retiran de la solución y se lavan fuertemente con agua

caliente, permitiendo que lo lavado regrese de nuevo a la solución en la cual el espécimen estuvo inmerso. Se filtra la solución y se lava el filtro con agua caliente, adicionando el lavado de lo filtrado.

Se agregan 5 mL de (H₂SO₄) a lo filtrado, luego se evapora la solución (evitando las pérdidas por salpicaduras), hasta cerca de 5 mL; se transfiere a un crisol de porcelana (previamente calentando a una masa constante), y se calienta lentamente hasta lograr el secado. Luego se calienta el residuo a una masa constante.

8.6. Cálculo e informe

Se calcula el porcentaje de material soluble en ácido de la siguiente manera:

$$\text{material soluble en ácido, \%} = (R/W) \times 100$$

Donde:

R = masa del residuo
 W = masa inicial del espécimen

A1.8. RESISTENCIA QUIMICA ACCESORIOS DE ARCILLA VITRIFICADA (GRES)

NORMA NTC 4089. Ingeniería civil y arquitectura. Tubos y accesorios de gres para alcantarillado y perforados para drenaje. Resistencia normal

Tubos de Arcilla Vitrificada (Gres).

1. Objeto

1.1. En esta norma se establecen los criterios para aceptación, antes de la instalación, de tubos y accesorios de gres de resistencia normal destinados al uso en conducción de desechos domésticos e industriales, y de agua lluvia; y de tubos de gres perforados para drenaje de resistencia normal destinados al uso en drenaje subterráneo, campos de filtro, campos de lixiviación e instalaciones similares de drenaje subterráneo.

1.2. Los valores se deben regir de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000)

1.3. La siguiente advertencia de precaución corresponde únicamente a la parte del método de ensayo, numeral 5.6 de esta norma. Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad, si existen, relacionados con el uso de la misma. El usuario de esta norma es responsable de establecer procedimientos adecuados de seguridad, salud y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de usarla.

5.6.3. Ensayo de resistencia a los ácidos

5.6.3.1 Este requisito se utiliza para determinar la resistencia del tubo a la acción de los ácidos hallados en los alcantarillados sanitarios. El ensayo únicamente se efectúa cuando se requiera en las especificaciones, según el procedimiento de la NTC 3796 (ASTM C 301)

5.6.3.2 Los tubos de cada tamaño y de cada despacho son aceptables si el material soluble en ácido, de los especímenes que representen a esos tubos, no pasa del 0,25 %

5.6.3.3 Si cualquiera de los especímenes de ensayo no cumple los requisitos de resistencia al ácido, se permite una repetición del ensayo, que sea representativo del lote del material original, en ese ácido en particular y el tubo se acepta o se rechaza según lo previsto en el numeral 5.6.1.4.

5.6.1.4 Si alguno de los especímenes de ensayo no cumple los requisitos, se le permitirá al fabricante repetir los ensayos en dos especímenes adicionales por cada uno que haya fallado. Los tubos serán aceptables si todos los especímenes de los ensayos repetidos cumplen el requisito de ensayo.

A1.9. REQUISITOS DE DURABILIDAD PARA EL CONCRETO

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10

Concreto para los tubos de concreto reforzado y sin refuerzo y sus accesorios. Requisitos de durabilidad exigidos en los capítulos C.4 y C.23 del Reglamento NSR-10, o el que lo modifique o sustituya.

Incluye además los requisitos para ductos de concreto reforzado o no reforzado (Box Culvert prefabricados o construidos en sitio, dóvelas para túneles, concreto lanzado, entre otros) expuestos al suelo, agua y ambiente que transporten agua potable, aguas residuales lluvias o combinadas y para el acero de refuerzo de los ductos cuando aplique.

Se presentan a continuación los requisitos más relevantes, sin que ello implique el desconocimiento de todo lo contemplado en los capítulos C.4 y C.23 del Reglamento NSR-10 de carácter obligatorio en el territorio nacional.

-

—

C.2.1 – Notación del Título C del Reglamento NSR-10

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto, MPa, Capítulos C.4, C.5, C.8-12, C.14, C.18, C.19, C.21, C.22, Apéndices C-A-D.

C.23-C.1.1 – Alcance

C.23-C.1.1.1 El presente Capítulo cubre lo concerniente a tanques y compartimentos estancos tales como piscinas y albercas que hacen parte del equipamiento de edificaciones. Los requisitos dados en el presente Capítulo cubren estructuras construidas con concreto reforzado vaciado en sitio, concreto prefabricado y concreto preesforzado. Los requisitos de este Capítulo son totalmente aplicables al diseño de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria, con la excepción estructuras primarias para evitar la fuga de materiales peligrosos.

Para este tipo de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria la resistencia mínima especificada del concreto a la compresión f_c' no debe ser menor de 28 MPa. No se define una resistencia máxima especificada a la compresión, a menos que se indique explícitamente en alguna sección del Reglamento NSR-10.

C.23-C.4 — Requisitos especiales de durabilidad

En la presente sección se presentan las modificaciones que deben hacerse a los requisitos de durabilidad dados en el Capítulo C.4 del Título C de la NSR-10 para que sean aplicables a estructuras ambientales de concreto.

C.23-C.4.1.3 — Contenido mínimo de materiales cementantes — El contenido mínimo de materiales cementantes debe ser el indicado en la Tabla C.23-C.1.1.

TABLA C.23-C.4.1.1 — CONTENIDO MÍNIMO DE MATERIALES CEMENTANTES

Tamaño máximo del agregado, mm	Tamiz que pasa el agregado grueso según NTC 174 (ASTM C 33)*	Contenido mínimo de materiales cementantes (kg/m ³)
38	467	320
25	57	330
20	67	350
13	7	360
10	8	370

* Para tamaños nominales del agregado grueso que no se indican, se permite interpolar entre los tamaños nominales indicados.

C.23-C.4.2 — Categorías y clases de exposición para estructuras ambientales de concreto

A continuación, en la Tabla C.23-C.4.2.1 se presentan las categorías y clases de exposición para estructuras ambientales de concreto. Esta tabla modifica la Tabla C.4.2.1 para que sea aplicable en estructuras ambientales.

TABLA C.23-C.4.2.1 — CATEGORÍAS Y CLASES DE EXPOSICIÓN

Categoría	Severidad	Clase	Condición	
F1 Congelamiento y deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo, % en peso	Sulfato (SO ₄) disuelto en agua, ppm
	No aplicable	S0	SO ₄ < 0.10	SO ₄ < 150
	Moderada	S1	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1500 agua marina
	Severa	S2	0.20 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10000
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	
Q Exposición a químicos corrosivos	No aplicable	Q0	Concreto que no está expuesto a químicos corrosivos	
	Severa	Q1	Concreto expuesto a químicos corrosivos diferentes de descongelantes	

C.23-C.4.3 — Requisitos para mezclas de concreto

A continuación, en la Tabla C.23-C.4.3.1, con base en las clases de exposición asignadas en la Tabla C.23-C.4.2.1, se dan los requisitos que deben tener las mezclas de concreto de estructuras ambientales de concreto. Esta tabla modifica la Tabla C.4.3.1 para que sea aplicable en estructuras ambientales. Solo se presentan las clases de exposición que presentan modificación con respecto a la Tabla C.4.3.1 del Capítulo C.4.

TABLA C.23-C.4.3.1 — REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN

Clase de Exposición	Rel. a/mc máx.±	f' _c min. MPa	Requisitos mínimos adicionales			
			Contenido de aire			Limites en los cementantes
F3	0.42	31	Tabla C.4.4.1			Tabla C.4.4.2
			Tipos de material cementante*			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1157	
S0	0.45	28	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.42	31	II [†]	IP(MS), IS(<70) (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.40	35	V [‡]	IP(HS), IS(<70) (HS)	HS	No se permite
S3	0.40	35	V puzolanas o escoria [§]	IP(HS) y puzolanas o escoria [§] o IS(<70) (HS) y puzolanas o escoria [§]	HS y puzolanas o escoria [§]	No se permite
P1	0.45	28	Ninguna			
Q1	0.42	31	Ninguna			

*Se pueden permitir combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la Tabla C.23-C.4.3.1 siempre que sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y deben cumplirse los criterios de C.23-C.4.5.1.

[†] Para exposición al agua marina, se permiten otros tipos de cemento pórtland con contenidos de hasta 10 por ciento de aluminato tricálcico (C₃A) si la relación a/mc no excede 0.40.

[‡] Se permiten otros tipos de cemento como el tipo III o tipo I en exposiciones clase S1 o S2 si el contenido de C₃A es menor al 8 ó 5 por ciento, respectivamente.

[§] La cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser menor a la cantidad ensayada según la NTC 3330 (ASTM C 1012) y debe cumplir con los requisitos de C.4.5.1.

[¶] El contenido de iones cloruro solubles en agua provenientes de los ingredientes incluyendo el agua, agregados, materiales cementantes y aditivos de la mezclas de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM C 1218M), a edades que van de 28 a 42 días

± Para concreto liviano véase C.4.1.2

C.23-C.4.5 — Exposición a los sulfatos

C.23-C.4.5.1 — El concreto expuesto al agua o a aguas residuales o a suelos que contengan sulfatos debe cumplir los requisitos de la Tabla C.23-C.4.3.1, o debe ser fabricado con un cemento que produzca resistencia a los sulfatos y que cumpla con la relación agua/material cementante y la resistencia mínima a la compresión dada en la Tabla C.23-C.4.4.1.

C.23-C.4.6.5 — Los materiales empleados en las juntas, incluyendo las barreras impermeables, las juntas de expansión, y los sellantes, deben ser resistentes al ataque químico por toda la vida útil de la estructura. Los materiales se deben ensayar de acuerdo con la norma ASTM C 920 y la especificación del Gobierno Federal de Estados Unidos TT-S-00277E para sellantes, y ASTM D 570, ASTM D 746, ASTM D 1149, y CRD-C572 para barreras impermeables de PVC.

C.23-C.4.7 — Ensayos para establecer la posibilidad de ataque químico

C.23-C.4.7.1 — La composición y temperatura del líquido o gas y su pH deben ser ensayados para establecer su agresividad con el concreto y el sistema de barrera protectora.

C.23-C.4.7.2 — La idoneidad de la protección ante ataque químico debe ser confirmada por medio de ensayos. Los ensayos deben establecer la necesidad y la efectividad de los cementos especiales, las coberturas y revestimientos, y las otras medidas protectivas.

C.23-C.4.7.3 — Los agregados deben ensayarse para reacción al ataque químico de acuerdo con la norma ASTM C 295