
NORMA CUBANA

NC

ISO 4427-1: 2015
Publicada por la ISO en 2007

**PLÁSTICOS — SISTEMAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS —
TUBOS Y ACCESORIOS DE POLIETILENO (PE) PARA EL
SUMINISTRO DE AGUA — PARTE 1: GENERALIDADES
(ISO 4427-1: 2007, IDT)**

Plastics — Plastics piping systems — Polyethylene (PE) pipes and fittings for
water supply — Part 1: General.

ICS: 23.040.20

1. Edición Marzo 2015
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 82 de Plásticos integrado por representantes de las siguientes entidades.

Ministerio de Industrias (MINDUS)
Ministerio de Comercio Interior (MINCIN)
Ministerio del Interior (MININT)
Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
Ministerio de Educación (MES)

Oficina Nacional de Normalización (ONN)
Unión Súchel
Unión de Empresas Recuperadoras de Materias Primas
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
Empresa Química de Farmacéuticos y Plásticos (LABIOFAM)

- Es una adopción idéntica por el método de traducción del inglés de la Norma Internacional ISO 4427-1:2007 *Plastics piping systems – Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply - Part 1: General*.

- El grupo de Normas ISO 4427 consta de las siguientes partes bajo el título genérico: *Plásticos – Sistemas de tuberías plásticas – Tubos y accesorios de polietileno (PE) para el suministro de agua*:

Parte 1: Generalidades

Parte 2: Tubos

Parte 3: Accesorios

Parte 5: Idoneidad para los objetivos del sistema

- El grupo de Normas ISO 4427 sustituye las Normas Cubanas NC 30-33:1983 Plásticos. Tubos de polietileno de baja densidad. Especificaciones de calidad y NC 30-34: 1983 Plásticos. Tubos de polietileno de alta densidad. Especificaciones de calidad.

© NC, 2015

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

0 Introducción

El grupo de normas NC-ISO 4427 establece los requisitos para un sistema de tuberías y sus componentes cuando son hechos en polietileno (PE). El sistema de tuberías está concebido para ser usado en el suministro de agua para el consumo humano, incluyendo también el agua previa al tratamiento y la utilizada en usos generales.

Con respecto al potencial de efectos adversos en la calidad del agua utilizada para el consumo humano causados por los productos abarcados por la NC-ISO 4427:

- a) Las normas NC-ISO 4427 no ofrecen información con relación a si los productos pueden ser usados sin restricción.
- b) Las regulaciones nacionales relacionadas con el uso y/o las características de estos productos se mantienen vigentes.

NOTA: La orientación para la evaluación de conformidad puede ser encontrada en las bibliografías [9] y [10].

PLÁSTICOS – SISTEMAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS – TUBOS Y ACCESORIOS DE POLIETILENO (PE) PARA EL SUMINISTRO DE AGUA – PARTE 1: GENERALIDADES

1 Objeto

Esta parte de la Norma NC-ISO 4427 establece los aspectos generales de los sistemas de tuberías de polietileno (principales y de servicio) utilizados para el suministro de agua en el consumo humano, incluyendo además el agua previa al tratamiento y la utilizada en usos generales.

También especifica los parámetros para los métodos de ensayo a los que se hace referencia en la norma.

Conjuntamente con las otras partes de la NC-ISO 4427, esta norma es aplicable a tubos y accesorios de PE, sus uniones y las conexiones mecánicas con componentes de otros materiales, que sean utilizados en las siguientes condiciones:

- a) a una presión máxima de operación (MOP) hasta 25 bar¹⁾;
- b) a una temperatura de operación de 20 °C como temperatura de referencia.

NOTA 1: Para aplicaciones que operen con temperaturas constantes superiores a 20 °C y hasta 40 °C, véase el Anexo A.

NOTA 2: La NC-ISO 4427 cubre un rango de presiones máximas de operación y establece requisitos relativos a colores y aditivos. El comprador o prescriptor de los requisitos es el responsable de realizar la selección adecuada de estos aspectos, teniendo en cuenta sus requerimientos particulares, las regulaciones nacionales y los códigos y prácticas de instalación.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, solo se toma en consideración la edición citada. Para las referencias no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

ISO 3:1973 Números normales. Serie de números normales.

NC-ISO 472 Plásticos. Vocabulario.

NC-ISO 1043-1 Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 1: Polímeros de base y sus características especiales.

NC-ISO 1133 Plásticos. Determinación del índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV).

ISO 1167-1 Tubos, accesorios y uniones de materiales termoplásticos para el transporte de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Método general.

ISO 1167- 2 Tubos, accesorios y uniones de materiales termoplásticos para el transporte de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 2: Preparación de probetas.

¹⁾ 1 bar = 0,1 MPa = 10⁵ Pa; 1MPa = 1 N/mm².

ISO 1183 - 2 Plásticos. Método para la determinación de la densidad de materiales plásticos no celulares. Parte 2: Gradiente de densidad por el método de columna.

ISO 4065:1996 Tubos termoplásticos. Tabla universal de espesores de pared.

NC-ISO 4427-2 Sistemas de tuberías plásticas. Tubos y accesorios de polietileno (PE) para el suministro de agua. Parte 2: Tubos.

NC-ISO 4427-3 Sistemas de tuberías plásticas. Tubos y accesorios de polietileno (PE) para el suministro de agua. Parte 3: Accesorios.

NC-ISO 4427-5 Sistemas de tuberías plásticas. Tubos y accesorios de polietileno (PE) para el suministro de agua. Parte 5: Idoneidad para los objetivos del sistema.

ISO 6259-1:1997 Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Método general de ensayo.

ISO 6259-3:1997 Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 3: Tubos de poliolefinas.

ISO 6964:1986 Tubos y accesorios de poliolefinas. Determinación del contenido de negro de carbono por calcinación y pirolisis. Método de ensayo y especificación básica.

ISO 9080 Tuberías plásticas y sistemas de conducción. Determinación de la resistencia hidrostática a largo plazo de materiales termoplásticos para tubos por el método de extrapolación.

ISO 11357-6:2002 Plásticos. Calorimetría de exploración diferencial (CED). Parte 6: Determinación del tiempo de inducción a la oxidación.

ISO 11414 Tubos y accesorios plásticos. Preparación de probetas en polietileno (PE) tubo/tubo o tubo/accesorio ensambladas por fusión a tope.

ISO 12162 Materiales termoplásticos para tubos y accesorios en aplicaciones a presión. Clasificación y designación. Coeficiente general de diseño (servicio).

ISO 13479:1997 Tubos de poliolefinas para el transporte de fluidos. Determinación de la resistencia a la propagación de la fisura. Método de ensayo de la propagación lenta de la fisura en tubos con entalladuras. (Ensayo de entalladura).

ISO 13761:1996 Tuberías y accesorios plásticos. Factor de reducción de presión para sistemas de tuberías de polietileno para uso a temperaturas superiores a 20 °C.

ISO 13953:2001 Tubos y accesorios en polietileno (PE). Determinación de la resistencia a la tracción y del modo de rotura en probetas realizadas por unión de fusión a tope.

ISO 13954 Tubos y accesorios en plásticos. Ensayo de descohesión por pelado de uniones de PE hechas por electrofusión para diámetro externo nominal mayor o igual a 90 mm.

ISO 16871 Tuberías plásticas y sistemas de conducción. Tubos y accesorios plásticos. Método de exposición directa (natural) a la intemperie.

ISO 18553 Método para la valoración del grado de pigmentación o la dispersión del negro de carbono en tubos, accesorios y compuestos de poliolefinas.

EN 12099 Sistemas de tuberías plásticas. Materiales y componentes de tuberías de polietileno. Determinación del contenido de materiales volátiles.

ISO 15512 Plásticos. Determinación del contenido de agua.

Orientaciones para la calidad del agua potable, Volumen 1: Recomendaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1984.

Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua para el consumo humano emitida por el Consejo de la Comunidad Europea el 3 de noviembre de 1998, Periódico Oficial de la Comunidad Europea.

NC 827:2012 Agua potable-Requisitos sanitarios.

3 Términos, definiciones, símbolos y abreviaturas

3.1 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Cubana, se aplican los términos y definiciones indicados en la ISO 3, NC-ISO 472 y NC-ISO 1043-1, además de los siguientes:

3.1.1 Características geométricas

3.1.1.1 Dimensión o tamaño nominal DN:

Designación numérica del tamaño de un componente, distinta a la designación del componente por el tamaño de la rosca, que es un número, convenientemente redondeado, aproximadamente igual a la dimensión de fabricación, en milímetros (mm).

3.1.1.2 Dimensión o tamaño nominal DN/OD

Dimensión o tamaño nominal relativo al diámetro exterior.

3.1.1.3 Diámetro exterior nominal d_n

Diámetro exterior especificado, en milímetros, asignado a un tamaño nominal DN/OD.

3.1.1.4 Diámetro exterior en cualquier punto d_e

Valor de la medición del diámetro exterior en una sección transversal medida en cualquier punto del tubo, redondeado en un 0.1 mm al valor inmediatamente superior.

3.1.1.5 Diámetro exterior medio d_{em}

Valor de la medición de la circunferencia exterior del tubo o del extremo macho de un accesorio en cualquier sección transversal dividida por π ($\approx 3,142$), redondeado en un 0.1 mm al valor inmediatamente superior.

3.1.1.6 Diámetro exterior medio mínimo $d_{em\ mín}$

Valor mínimo del diámetro exterior medio especificado para un tamaño nominal dada.

3.1.1.7 Diámetro exterior medio máximo $d_{em\ máx.}$

Valor máximo del diámetro exterior medio especificado para un tamaño nominal dado.

3.1.1.8 Ovalación, ovalidad o falta de redondez

Diferencia entre el diámetro exterior máximo y el diámetro exterior mínimo medidos en la misma sección transversal del tubo o del extremo macho.

3.1.1.9 Espesor de pared nominal e_n

Designación numérica del espesor de pared de un componente, que es un número conveniente redondeado, aproximadamente igual a la dimensión de fabricación, en milímetros.

3.1.1.10 Espesor de pared en cualquier punto e

Valor de la medición del espesor de pared en cualquier punto alrededor de la circunferencia de un componente

3.1.1.11 Espesor de pared mínimo en cualquier punto e_{\min}

Valor mínimo del espesor de pared medido en cualquier punto alrededor de la circunferencia de un componente determinado.

3.1.1.12 Espesor de pared máximo en cualquier punto e_{\max}

Valor máximo del espesor de pared medido en cualquier punto alrededor de la circunferencia de un componente determinado.

3.1.1.13 Espesor de pared medio e_m

Media aritmética de un número de mediciones del espesor de pared regularmente distribuidas alrededor de la circunferencia de un componente en una misma sección transversal, incluyendo los valores mínimos y máximos medidos del espesor de pared.

3.1.1.14 Serie de tubos S

Número adimensional para la designación del tubo de acuerdo con la Norma ISO 4065

NOTA La relación entre la Serie de tubos, S, y la relación de dimensión normalizada SDR está dada por la siguiente ecuación, según se especifica en la Norma ISO 4065:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

3.1.1.15 Relación de dimensión normalizada SDR

Relación entre el diámetro exterior nominal, d_n , de un tubo y su espesor de pared nominal, e_n .

3.1.1.16 Tolerancia

Variación permisible de un valor determinado de una cantidad expresada como la diferencia entre los valores máximos y mínimos permisibles.

3.1.2 Relacionados a las condiciones de servicio**3.1.2.1 Presión nominal PN**

Designación numérica utilizada con fines de referencia relacionada con las características mecánicas del componente de un sistema de tuberías.

NOTA En sistemas de tuberías plásticas para la conducción de agua, se corresponde con la presión máxima de operación en funcionamiento continuo, expresada en bar, que puede ser mantenida con agua a 20 °C, basada en el coeficiente de diseño mínimo.

3.1.2.2 Presión máxima de operación MOP

Presión máxima efectiva del fluido en el sistema de tuberías, expresada en bar, que se permite en funcionamiento continuo.

Tiene en cuenta las características físicas y mecánicas de los componentes de un sistema de tuberías.

NOTA Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$MOP = \frac{20 \times (MRS)}{C \times [(SDR) - 1]}$$

3.1.2.3 Presión de operación admisible PFA

Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de resistir estando continuamente en servicio.

3.1.3 Relacionado a las características del material.**3.1.3.1 Límite inferior de confianza de la resistencia hidrostática pronosticada a 20 °C durante 50 años σ_{LPL}**

Cantidad, con dimensiones de esfuerzo (tensión) en megapascal, que puede considerarse como una propiedad del material y que representa el límite inferior de confianza al 97,5 % de la resistencia media a largo plazo a 20 °C durante 50 años con presión hidráulica interna.

3.1.3.2 Resistencia mínima requerida MRS

Valor de σ_{LPL} redondeado al valor inferior más próximo de la serie R10 o de la serie R20, dependiendo del valor de σ_{LPL} .

NOTA Las series R10 y R20 son las series de los números de Renard (Serie de números normales) de acuerdo con las Normas ISO 3 e ISO 497.

3.1.3.3 Tensión (esfuerzo) de diseño σ_s

Esfuerzo o tensión admisible, expresado en megapascal, para una aplicación determinada obtenido de dividir MRS por el coeficiente C, redondeado el resultado al valor inferior más próximo en la serie R20.

NOTA Se expresa como:

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

3.1.3.4 Coeficiente general de servicio (diseño) C

Coeficiente general con un valor mayor a la unidad (1), el cual tiene en consideración las condiciones de servicio y las propiedades de los componentes de un sistema de tuberías distintas a las que están representadas por el límite inferior de confianza.

3.1.3.5 Índice de fluidez en masa IFM

Valor en gramos por unidad de tiempo (g/10 min) relacionado con la viscosidad del material fundido a una temperatura y carga determinada en correspondencia con lo establecido en la NC-ISO 1133.

3.2 Símbolos

C coeficiente general de servicio (diseño)

d_{em} diámetro exterior medio

$d_{em\ mín.}$ diámetro exterior medio mínimo

$d_{em\ máx.}$ diámetro exterior medio máximo

d_e diámetro exterior en cualquier punto

d_n diámetro exterior nominal

E	espesor de pared en cualquier punto de un accesorio o cuerpo de válvula
e	espesor de pared (en cualquier punto)
e_m	espesor de pared medio
$e_{m\acute{a}x}$	espesor de pared máximo (en cualquier punto)
$e_{m\acute{i}n}$	espesor de pared mínimo (en cualquier punto)
e_n	espesor de pared nominal
σ_{LPL}	límite inferior de confianza a 20 °C durante 50 años
σ_s	tensión (esfuerzo) de diseño

NOTA Símbolos d_e , e , $e_{m\acute{i}n}$ y $e_{m\acute{a}x}$ utilizados en la NC-ISO 4427 son equivalentes respectivamente a los símbolos d_{ey} , e_y , $e_{y, \acute{m}in}$ y $e_{y, \acute{m}ax}$. Utilizados en la Norma ISO 11922-1.

3.3 Abreviaturas

DN/OD	tamaño nominal, relativo al diámetro exterior
MFR	índice de fluidez en masa
MRS	resistencia mínima requerida
OIT	tiempo de inducción a la oxidación
PE	polietileno
PFA	presión de operación admisible

4 Material

4.1 Compuesto

El compuesto con el cual se fabrican los productos debe estar hecho por adición al polímero base de polietileno de solamente aquellos aditivos necesarios para la fabricación y uso final de dichos productos, de acuerdo con los requisitos de las partes aplicables de la Norma NC-ISO 4427.

Todos los aditivos deben estar uniformemente dispersados en el polímero base de polietileno.

NOTA: Los componentes fabricados con materiales PE 32 no están contemplados por la Norma NC-ISO 4427.

4.2 Color

4.2.1 Generalidades

El color del compuesto debe ser azul o negro.

Otros colores y compuestos no pigmentados son permitidos en tubos recubiertos o revestidos con varias capas siempre y cuando la capa exterior sea azul o negra. (Véase NC-ISO 4427- 2: 2014, Anexo B).

4.2.2 Compuesto negro

El negro de carbono utilizado en la producción del compuesto negro debe tener un tamaño promedio de partícula de 10 nm a 25 nm.

4.3 Uso de material reprocesado y reciclado

Material reprocesado limpio, generado del propio proceso de producción del fabricante o de los ensayos realizados a los productos de acuerdo a la Norma NC-ISO 4427, puede ser usado si es derivado del mismo compuesto utilizado en la producción principal. No debe utilizarse material reprocesado obtenido de fuentes externas ni material reciclado.

4.4 Características físicas del compuesto

El compuesto utilizado en la fabricación de tubos, accesorios y válvulas debe estar conforme con los requisitos indicados en la Tabla 1 para los gránulos del compuesto y en la Tabla 2 para el compuesto transformado en forma de tubo.

NOTA: Información sobre la resistencia a la propagación rápida de la fisura es dada en el Anexo B.

Tabla 1 — Característica del compuesto de PE en forma de gránulo

Características	Requisitos ^a	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
		Parámetro	Valor	
Densidad del compuesto	≥ 930 kg/m ³	Temperatura de ensayo	23 °C	NC-ISO 1183-2
		Número de muestras	De acuerdo con la Norma NC-ISO 1183-2	
Contenido de negro de carbono (compuesto negro)	(2 al 2,5) % en masa	De acuerdo con la Norma ISO 6964		ISO 6964
Dispersión del negro de carbono (compuesto negro)	≤ grado 3	De acuerdo con la Norma ISO 18553 ^c		ISO 18553
Dispersión del pigmento (Compuesto azul)	≤ grado 3	De acuerdo con la Norma ISO 18553 ^c		ISO 18553
Contenido de agua ^d	≤ 300 mg/kg	Número de probetas ^b	1	ISO 15512
Contenido de materiales volátiles	≤ 350 mg/kg	Número de probetas ^b	1	EN 12099
Tiempo de inducción a la oxidación	≥ 20 min	Temperatura de ensayo	200 °C ^e	ISO113 57-6
		Número de probetas ^b	3	
Índice de fluidez en masa (MFR) para PE 40	De 0,2 g/10 min a 1,4 g/10 min Desviación máxima del ± 20 % del valor especificado ^f	Carga	2,16 kg	NC-ISO 1133 Condición D
		Temperatura	190 °C	
		Tiempo	10min	
		Número de probetas ^b	De acuerdo con la Norma NC-ISO 1133	
Índice de fluidez en masa (MFR) para PE 63, PE 80 y PE 100	De 0,2 g/10 min a 1,4 g/10 min Desviación máxima del ± 20 % del valor especificado ^f	Carga	5 kg	NC-ISO 1133 Condición T
		Temperatura	190 °C	
		Tiempo	10min	
		Número de probetas ^b	De acuerdo con la Norma NC-ISO 1133	

^a El fabricante del compuesto debe demostrar la conformidad con estos requisitos.

^b El número de probetas dado indica la cantidad necesaria para establecer un valor de la característica descrita en la tabla. El número de probetas necesario para el control de la producción en fábrica y el control del proceso debe ser establecido en el plan de calidad del fabricante.

^c En caso de litigio, las probetas para la dispersión del negro de carbono y la dispersión del pigmento deben prepararse por el método de compresión.

^d Solamente es aplicable si el contenido medido de material volátil no está conforme con el requisito especificado. En caso de litigio, el requisito para el contenido de agua debe ser aplicado. El requisito es aplicable tanto al fabricante del compuesto en su proceso de elaboración como al transformador durante su procesamiento. (Si el contenido de agua excede el límite permitido, es necesario secar el compuesto antes de usarlo).

^e El ensayo se puede realizar como un ensayo indirecto a 210 °C, siempre que exista una correlación clara con los resultados a 200 °C. En caso de litigio, la temperatura de referencia debe ser 200 °C.

^f Valor especificado por el fabricante del compuesto.

Tabla 2 — Característica del compuesto de PE en forma de tubo

Características	Requisitos ^a	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
		Parámetro	Valor	
Resistencia a la tracción en uniones por fusión a tope ^b	Ensayo a la rotura: Dúctil: Pasa Frágil: No pasa	Diámetro del tubo	110 mm	ISO 13953
		Relación de dimensión normalizada del tubo	SDR 11	
		Temperatura de ensayo	23 °C	
		Número de probetas	De acuerdo con la Norma ISO 13953	
Resistencia a la propagación lenta de la fisura. Tamaño del tubo de 110 mm ó 125 mm , SDR 11	Sin fallo durante el período de ensayo	Temperatura de ensayo	80 °C	ISO 13479
		Presión interna de ensayo para:		
		PE 63	6,4 bar	
		PE 80	8,0 bar	
		PE 100	9,2 bar	
		Duración del ensayo	500 h	
Tipo de ensayo	Agua en agua			
		Número de probetas ^c	De acuerdo con la Norma ISO 13479	
Efecto sobre la calidad del agua	De acuerdo con las regulaciones nacionales existentes			
Resistencias a la intemperie ^e	Las probetas para el ensayo a la intemperie deben cumplir:	Radiación solar acumulada	≥ 3,5 GJ/m ² ^d	ISO 16871
a) Falta de cohesión de la junta realizada electrofusión	Porcentaje de fallas por fragilidad: ≤ 33.3 %	Temperatura	23 °C	ISO 13954
		Procedimiento de montaje	f	
b) Alargamiento en la rotura	De acuerdo con la Norma NC-ISO 4427-2, Tabla 5			ISO 6259-1 ISO 6259-3
c) Resistencia hidrostática a 80 °C	De acuerdo con la Norma NC-ISO 4427-2, Tabla 3			ISO 1167-1

NOTA 1bar = 0,1 MPa = 105 Pa; 1 MPa = 1 N/mm²

^a El fabricante del compuesto debe demostrar la conformidad con estos requisitos.

^b La preparación de muestras debe realizarse de acuerdo con la norma ISO 11414, en condiciones normales a 23 °C.

^c El número de probetas dado indica la cantidad necesaria para establecer un valor de la característica descrita en la tabla. El número de probetas necesario para el control de la producción en fábrica y el control del proceso debe ser establecido en el plan de calidad del fabricante.

^d El valor de 3,5 GJ/m² está en correspondencia con la exposición durante un año a la luz solar en una zona cercana a los 50 ° de latitud. Este valor puede ser adoptado en las normas y regulaciones nacionales.

^e Solamente para compuesto de color azul.
Debe ser determinado.

4.5 Compatibilidad en la fusión

Se aplica lo siguiente:

- a) el fabricante del compuesto debe demostrar que cada compuesto conforme a los requisitos establecidos en la Tabla 1 es compatible a la fusión mediante un ensayo de resistencia a la tracción en una unión por fusión a tope de tubos fabricados con el compuesto que cumplen los requisitos establecidos en la Tabla 2;
- b) se considera que los compuestos conformes con la Tabla 1 son compatibles entre sí en la fusión. Si se solicita, el fabricante del compuesto debe demostrarlo comprobando en compuestos de su propia gama de productos mediante el ensayo de resistencia a la tracción en una unión por fusión a tope la conformidad con lo establecido en la Tabla 2.

4.6 Clasificación y designación

Los compuestos se deben designar por el tipo de material (PE) y el nivel de resistencia mínima requerida (MRS) de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.

Los compuestos deben tener una resistencia mínima requerida (MRS) igual a los valores establecidos en la Tabla 3. El valor MRS y la clasificación del compuesto se obtienen a partir del límite inferior de confianza σ_{LPL} en conformidad con la Norma ISO 12162. El σ_{LPL} debe ser determinado por análisis, de acuerdo con la Norma ISO 9080, mediante ensayos de la presión hidrostática realizados según la Norma ISO 1167-1.

En la determinación de la resistencia hidrostática a largo plazo de materiales de PE 100 en conformidad con la Norma ISO 9080, la detección de un codo o curvatura en las gráficas de extrapolación a 80 °C antes de las 5000 h no es aceptable.

La clasificación del compuesto de acuerdo con la Norma ISO 9080 debe ser certificada por el fabricante del compuesto.

NOTA Cuando las conexiones se fabrican a partir del mismo compuesto del tubo, la clasificación del material será la misma que la utilizada para el tubo.

Cuando se pretende utilizar un compuesto únicamente en la fabricación de conexiones, el compuesto debe clasificarse utilizando probetas preparadas de acuerdo con la Norma ISO 1167-2.

Tabla 3 — Designación del material y sus correspondientes valores máximos de tensión de diseño (σ_s)

Designación	Resistencia mínima requerida (MRS) MPa	σ_s MPa
PE 100	10,0	8,0
PE 80	8,0	6,3
PE 63	6,3	5,0
PE 40	4,0	3,2

La tensión de diseño, σ_s , se obtiene de la división de la MRS por el coeficiente general de servicio (diseño) $C = 1,25$.

Nota Un valor más alto de C puede ser utilizado, por ejemplo, si $C = 1,6$, se obtiene una tensión de diseño de 5,0 MPa para PE 80. También puede obtenerse un valor más elevado para C eligiendo una clase más alta de presión nominal PN.

5 Efecto sobre la calidad del agua de los tubos destinados a la conducción de agua para el consumo humano

Los tubos utilizados en las condiciones para la cuales fueron diseñados estarán hechos de materiales, que al ponerse en contacto con el agua destinada al consumo humano, no constituyan un peligro de toxicidad, no favorezcan el crecimiento microbiano, no aporten sabor u olor desagradables, no provoquen turbidez o afecten la coloración del agua.

Las concentraciones de sustancias, agentes químicos y biológicos aportados por los materiales con los cuales están hechos los tubos en contacto con el agua potable así como las mediciones de los principales parámetros físicos y organolépticos no deben exceder los valores máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o los exigidos por la directiva 98/83/EC del Consejo de la Comunidad Europea.

También se debe prestar atención a los requisitos establecidos al respecto por las regulaciones nacionales.

NOTA En el caso de Cuba, en la NC 827:2012 Agua potable - Requisitos sanitarios, se establecen requisitos para la calidad del agua potable.

Anexo A
(informativo)

Coefficientes de Reducción de Presión

Cuando un sistema de tuberías de PE opera a una temperatura continua constante superior a 20 °C y hasta 40 °C, puede ser aplicable un coeficiente de reducción de presión para los compuestos PE 80 y PE 100 según se establece en la Tabla A.1. En el caso de los coeficientes para el PE 40 y PE 63, véase la Norma ISO 13761.

Tabla A.1 — Coeficientes de reducción de presión para PE 80 y PE 100

Temperatura ^{a, b} °C	Coeficiente
20	1,00
30	0,87
40	0,74
NOTA: A menos que el análisis realizados de acuerdo con la Norma ISO 9080 demuestre que puede aplicarse un coeficiente de reducción menor, en cuyo caso se podrían aplicar factores superiores y por lo tanto presiones superiores.	
^a Se permite la interpolación para otras temperaturas comprendidas en los valores indicados (Véase Norma ISO 13761).	
^b Para temperaturas más altas, consultar al fabricante del compuesto.	

NOTA: La presión de operación admisible (PFA) se obtiene de la siguiente ecuación:

$$PFA = f_T \times f_A \times PN$$

donde:

f_T es el coeficiente según lo establecido en la Tabla A.1;

f_A es un factor de reducción (o factor de aumento) relacionado con la aplicación (para agua $f_A = 1$);

PN es la presión nominal.

Anexo B (informativo)

Resistencia a la Propagación Rápida de la Fisura

B.1 Generalidades

La propagación rápida de la fisura (RCP) es la generación de una fisura con poca ductilidad que se propaga a alta velocidad (aproximadamente 300 m/s) a lo largo de una tubería presurizada. La propagación o detención de la fisura está en dependencia de la energía que posea la fisura en su extremo, lo cual está influenciado por la presión interna del fluido que a su vez es afectada por la relación en que el fluido se descomprime.

Si una fractura ocurre en una tubería con agua, el fluido no está sometido a la misma compresión y liberación de energía comparada con el caso de una tubería que contenga aire o gas. Es mucho menos probable que la propagación rápida de la fisura ocurra en una tubería con agua. De hecho, las pruebas de escala completa (FS) y los ensayos S4 RCP en tubos con agua han mostrado que la propagación no ocurre cuando la tubería está completamente llena ^[6]. No obstante, ensayos en tubos de gran diámetro que contienen agua y aire a bajas temperaturas ($\geq 3^{\circ}\text{C}$) han mostrado que la fractura o fisura puede propagarse por la parte superior del tubo ocupada por el aire, pero se requiere presiones más elevadas para sostener la propagación que las requeridas cuando existe aire solamente ^{[6], [7]}. La presión para mantener la propagación de la fisura se incrementa en la medida que disminuye el volumen de aire atrapado en la tubería, por lo tanto minimizando el volumen de aire atrapado se reduce el riesgo de la propagación de la fractura. A modo de conclusión, se plantea que el riesgo de que este fenómeno ocurra en una tubería con agua es extremadamente bajo y requiere de ciertas condiciones coincidentes, por ejemplo, la iniciación de una fisura de rápida propagación en el espacio que ocupa un volumen de aire dentro de una tubería de gran diámetro operada a alta presión y condiciones de baja temperatura.

En la elaboración de las normas europeas para tuberías de PE utilizadas en la conducción de agua ^{[8], [9]}, se ha llegado a la conclusión que la propagación rápida de la fisura RCP sólo debe ser tomada en cuenta en tubos con espesores de pared menores a 32 mm. Ensayos han demostrado que la mayoría de los compuestos utilizados actualmente para la fabricación de tubos son resistentes a la RCP y tienen alta resistencia al crecimiento lento de la fisura, reduciendo considerablemente los riesgos de iniciación. Condiciones y ejemplos de requisitos pueden ser encontrados en las referencias [8] y [9] de la bibliografía.

B.2 Iniciación

La iniciación de la RCP podría ser el resultado del daño por impacto, el crecimiento de una fractura a través de la pared o el desarrollo de la fisura debido a una pobre soldadura por fusión en determinadas condiciones operativas y ambientales coincidentes.

El fenómeno de la RCP ha sido reportado en líneas de tuberías de materiales diferentes, incluido el acero y en pocos ejemplos de sistemas de tuberías plásticas.

B.3 Parámetros que rigen la propagación/detención

Los parámetros que rigen la RCP si una fisura es iniciada son:

- a) presión interna,
- b) temperatura de la tubería,
- c) la relación de descompresión del fluido transportado (Véase B.1),
- d) la resistencia a la fractura del material de la tubería.

B.4 Métodos de ensayo

La susceptibilidad de los tubos a la propagación rápida de la fisura (RCP) en un material en particular se incrementa con el aumento del diámetro del tubo y el espesor de la pared. Esto se evalúa de manera experimental con vistas a permitir que el sistema sea diseñado para eliminar el riesgo. Los métodos de prueba normalizados han sido publicados para los tubos de PE: la prueba S4 de la ISO 13477 y la prueba FS de la ISO 13478.

Estas pruebas exigen condiciones extremas para iniciar fisuras que corran a gran velocidad, por ejemplo, se crean muescas en el tubo de prueba y se impacta con una cuchilla afilada y en el caso de la prueba a escala completa, debe enfriarse el tubo de iniciación hasta -70 °C.

Bibliografía

- [1] ISO 497:1973, Guía para la selección de la serie de números normales o preferidos y la selección de la serie que contenga más valores redondeados de números preferidos.
- [2] ISO 11922-1, Tubos termoplásticos para la conducción de fluidos – Dimensiones y tolerancias – Parte 1: Series métricas.
- [3] ISO 13477, Tubos termoplásticos para la conducción de fluidos – Determinación de la resistencia a la propagación rápida de las fisuras (RCP) – Ensayo a pequeña escala, estado estable. (Ensayo S4).
- [4] ISO 13478, Tubos termoplásticos para la conducción de fluidos – Determinación de la resistencia a la propagación rápida de las fisuras (RCP) – Ensayo a escala completa (FST).
- [5] GREIG, M., Propagación rápida de las fisuras en tubos de polietileno presurizada hidrostáticamente, Instituto del Plástico y la Goma, Tubos Plásticos, VII Conferencia Septiembre de 1988.
- [6] GREENSHIELDS, C.J., Fractura rápida por fragilidad de los tubos plásticos – Parte 1: Procesamiento y aplicaciones de los plásticos, gomas y compuestos presurizados con agua, 1977, Volumen 26, No. 9, p.387.
- [7] EN 12201-1, Sistemas de tuberías plásticas para el suministro de agua – Polietileno (PE) – Parte 1: Generalidades.
- [8] EN 13244-1, Sistemas de tuberías plásticas para los sistemas a presión subterráneos y sobre tierra para el agua de propósitos generales, el sistema de alcantarillado y las aguas residuales – Polietileno (PE) – Parte 1: Generalidades.
- [9] CEN/TS 12201-7, Sistemas de tuberías plásticas para el suministro de agua – Polietileno (PE) – Parte 7: Orientación para la evaluación de conformidad.
- [10] CEN/TS 13244-7, Sistemas de tuberías plásticas para los sistemas de presión subterráneos y sobre tierra para el agua de propósitos generales, el sistema de alcantarillado y las aguas residuales – Polietileno (PE) – Parte 7: Orientación para la evaluación de conformidad.