



Guía Técnica

Las tuberías plásticas en las obras hidráulicas



ÍNDICE

1	Introducción	4
2	Características generales de los tubos de materiales plásticos	5
2.1	Tipos de tubos de materiales plásticos y sus aplicaciones.....	5
2.2	Definiciones y terminología	7
2.2.1	Terminología empleada para caracterizar a las presiones hidráulicas....	10
2.3	Normativa, Reglamentación y Certificación	12
2.3.1	Conceptos básicos.....	12
2.3.2	Normativa básica de los tubos de PE.....	13
2.3.3	Certificación en los tubos de PE.....	14
2.3.4	Reglamentación básica en materia de tuberías	15
2.4	Marcado y trazabilidad de las tuberías	16
2.5	Ventajas de los tubos de materiales plásticos	17
3	Tubos de PVC-U de pared compacta.....	19
3.1	Aplicaciones y normativa	19
3.2	Clasificación	21
3.3	Características técnicas.....	21
3.4	Dimensiones	22
3.5	Accesorios	24
3.6	Sistemas de unión	24
4	Tubos de PVC-O de pared compacta.....	26
4.1	Aplicaciones y normativa	26
4.2	Clasificación	27
4.3	Características técnicas.....	27
4.4	Dimensiones	27
4.5	Accesorios	28
4.6	Sistemas de unión	28

5	Tubos de PE de pared compacta	29
5.1	Aplicaciones y normativa	29
5.2	Clasificación	32
5.3	Características técnicas.....	32
5.4	Dimensiones de los tubos	33
5.5	Accesorios	36
5.6	Sistemas de unión	37
6	Tubos de PRFV	40
6.1	Aplicaciones y normativa	40
6.2	Clasificación	41
6.3	Características técnicas.....	42
6.4	Dimensiones	42
6.5	Accesorios	44
6.6	Sistemas de unión	44
7	Tubos de pared estructurada (PVC-U, PE, PP).....	46
7.1	Aplicaciones y normativa	46
7.2	Clasificación	47
7.3	Características técnicas.....	47
7.4	Dimensiones	48
7.5	Accesorios	48
7.6	Sistemas de unión	49
8	Ventajas de las tuberías plásticas.....	55
8.1	Ventajas técnicas.....	55
8.2	Ventajas económicas y medioambientales.....	59

1 Introducción

El presente Manual se ha redactado con el objetivo de compilar en un único documento las características básicas de los principales tipos de tubos de materiales plásticos utilizados en obra civil para el transporte de agua en las aplicaciones más usuales (abastecimiento, riego, drenaje, saneamiento, aplicaciones industriales, etc) con la idea de configurar un Manual que sirva de primera aproximación a la vez que de documento de síntesis a todos aquellos usuarios de esta tipología de conducciones.

Las conducciones tratadas en concreto son las siguientes:

- Tubos de PVC-U de pared compacta
- Tubos de PVC-O de pared compacta
- Tubos de PE de pared compacta
- Tubos de PRFV
- Tubos de pared estructurada de PE, PVC-U ó PP

Los aspectos tratados para cada una de estas tipologías de conducciones son relativas a la normativa básica que deben cumplir, sus posibles aplicaciones, las características técnicas básicas o las dimensiones, sistemas de unión usuales, así como la disponibilidad de accesorios en cada material.

Como se ha indicado en párrafos anteriores, este Manual se ciñe a la caracterización básica de las anteriores tipologías de tuberías plásticas. Si el proyectista de una red o el profesional en general necesita un mayor grado de detalle de conocimiento de estas conducciones (en cuestiones relativas a diseño, instalación, características de las materias primas constitutivas, aseguramiento de la calidad, etc) deberá recurrir a bibliografía de detalle y especializada al respecto, como por ejemplo, la siguiente:

- Manual Técnico y programa de cálculo de Tuberías de PVC (AseTUB, 2007)
- Manual Técnico y programa de cálculo de Tuberías de polietileno (AseTUB, 2008)

2 Características generales de los tubos de materiales plásticos

2.1 Tipos de tubos de materiales plásticos y sus aplicaciones

Los tubos de materiales plásticos empleados en conducciones para el transporte de agua pueden ser de diferentes tipologías, si bien, pueden clasificarse en dos grandes categorías: los termoplásticos y los termoestables.

- Termoplásticos. Los materiales termoplásticos están formados por cadenas moleculares lineales o ramificadas. Como característico de ellos es destacable que pueden ver cambiar su forma una o varias veces por la acción combinada de aumento de la temperatura y de la presión (de forma que cuando la temperatura se eleva se reblandece y cuando al enfriar se endurece). El proceso de reblandecimiento de los componentes termoplásticos comienza a temperaturas relativamente bajas (60 a 120°C) lo cual introduce restricciones en determinadas aplicaciones.

Los termoplásticos utilizados para la fabricación de tuberías, además del propio polímero (las cadenas moleculares) contienen pequeñas cantidades de sustancias adicionales (aditivos), tales como los siguientes: estabilizantes, lubricantes, colorantes, modificadores de impacto u otros.

- Termoestables. Los materiales termoestables están formados por cadenas moleculares tridimensionales. A diferencia de los termoplásticos, en los termoestables, durante su fabricación se ha operado una reacción química irreversible que impide cambiar de forma a las piezas con ellos producidas.

Los plásticos termoestables tienen, en general, mejores propiedades mecánicas a elevadas temperaturas y a altas presiones que los termoplásticos.

De los materiales plásticos empleados en tuberías para el transporte de agua en el ámbito de la obra civil son termoplásticos el PVC-U, el PVC-O, el PP y el PE y es termoestable el poliéster reforzado con fibras de vidrio, PRFV.

Los termoplásticos son de un material homogéneo, mientras que los termoestables son heterogéneos o compuestos (en concreto, los tubos de PRFV se fabrican a partir de fibras de vidrio, arenas y resinas).

Los tubos de materiales termoplásticos también pueden ser, a su vez, de pared compacta o de pared estructurada. El fundamento de estos últimos tubos se basa en aumentar su

rigidez mediante el incremento del momento de inercia obtenido gracias a la realización de aligeramientos en su pared, ahorrando en consecuencia importantes cantidad de material.

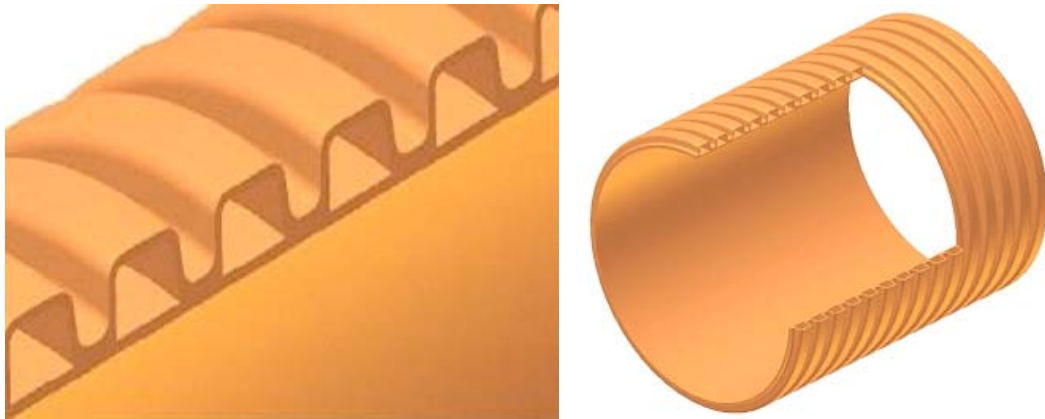


Fig. 1. Fundamento de los tubos de pared estructurada

En el ámbito específico de la edificación se emplean otros materiales plásticos, como por ejemplo el polietileno reticulado, los tubos multicapa, etc, pero estos materiales no son objeto del presente manual.

Las posibles aplicaciones de los diferentes tubos de materiales plásticos en el ámbito de la obra civil son muchas. En la tabla adjunta se resumen los tipos de tubos de materiales plásticos disponibles en el campo de la obra pública y las aplicaciones más habituales de los mismos.

Tabla 1 Principales aplicaciones de las tuberías de materiales plásticos

		Aplicación											
		Agua potable	Saneamiento por gravedad	Saneamiento bajo presión interior	Saneamiento por vacío	Reutilización de aguas residuales	Riego	Microirrigación	Industria	Drenaje profundo plataformas	Emisarios submarinos	Rehabilitación conducciones existentes	Instalación sin apertura de zanja
Tipo de tubo	PVC-U pared lisa	■	■	■	■	■	■		■	■			
	PVC-O pared lisa	■		■	■	■	■						
	PE pared lisa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	PRFV	■	■	■	■	■	■		■		■	■	■
	Pared estructurada (PVC-U, PP ó PE)		■										

2.2 Definiciones y terminología

Para caracterizar a los tubos de materiales termoplásticos (PVC-U, PVC-O, PE y PP) se emplea la siguiente terminología específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. En función del tipo de material plástico de que se trate, el concepto de diámetro nominal (DN) se refiere al interior o al exterior, conforme lo que se indica a continuación.

En los tubos de materiales termoplásticos de pared compacta, el DN se refiere al diámetro exterior (OD). En consecuencia, el diámetro interior (ID) se obtiene por diferencia del exterior (OD) menos dos veces el espesor (e) de la pared del tubo.

Los tubos de pared estructurada pueden ser, a su vez, de varios tipos, básicamente los siguientes:

- Tipo A. Aquellos cuyas superficies interna y externa son lisas
 - Tipo A1. Las superficies interna y externa están unidas bien por nervios internos longitudinales (*tubos alveolares*) o bien mediante algún material termoplástico, espumado o no (*tubos multicapa*)
 - Tipo A2. Las superficies interna y externa son lisas y la pared interior y exterior están unidas espiral o radialmente formando costillas
- Tipo B. Aquellos cuya superficies interna y externa son lisas

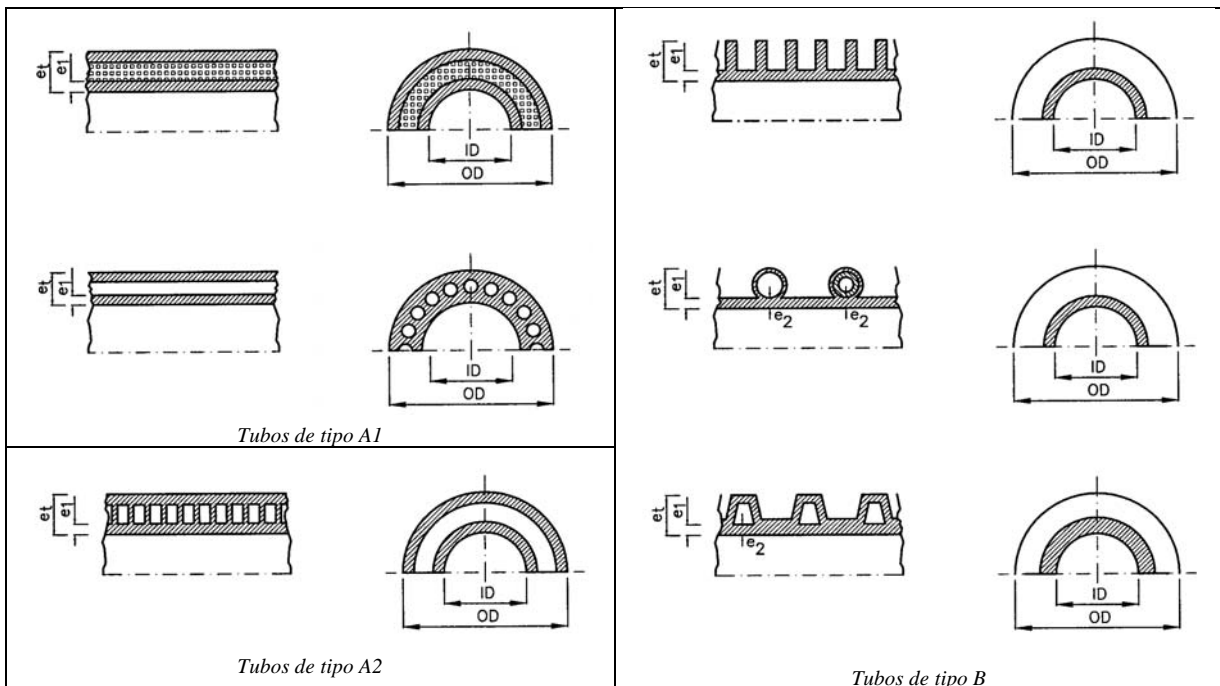


Fig. 2. Ejemplos de tubos termoplásticos de pared estructurada

En los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada de tipo A el DN se refiere al diámetro exterior (OD), mientras que en los de tipo B, el DN puede referirse tanto al diámetro exterior (OD) como al interior (ID).

Por último, en los tubos de materiales termoestables (PRFV) el DN se puede referir tanto al diámetro interior (ID) como al diámetro exterior (OD), según la serie de diámetros escogida para cada sistema de fabricación.

Importante																	
<p><i>El concepto de Diámetro Nominal es diferente en cada tipología de tubería. Básicamente, existen las posibilidades que se indican en la tabla adjunta</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de tubo</th> <th>El DN coincide con:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Materiales termoplásticos de pared lisa (PE, PVC-U, PVC-O)</td> <td>OD</td> </tr> <tr> <td>Materiales termoplásticos de pared estructurada</td> <td>ID u OD, según tipologías</td> </tr> <tr> <td>PRFV</td> <td>ID u OD, según sistema de fabricación</td> </tr> <tr> <td>Hormigón</td> <td>ID</td> </tr> <tr> <td>Gres</td> <td>ID</td> </tr> <tr> <td>Fundición</td> <td>Aproximadamente ID</td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td>OD</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de tubo	El DN coincide con:	Materiales termoplásticos de pared lisa (PE, PVC-U, PVC-O)	OD	Materiales termoplásticos de pared estructurada	ID u OD, según tipologías	PRFV	ID u OD, según sistema de fabricación	Hormigón	ID	Gres	ID	Fundición	Aproximadamente ID	Acero	OD
	Tipo de tubo	El DN coincide con:															
	Materiales termoplásticos de pared lisa (PE, PVC-U, PVC-O)	OD															
	Materiales termoplásticos de pared estructurada	ID u OD, según tipologías															
	PRFV	ID u OD, según sistema de fabricación															
	Hormigón	ID															
	Gres	ID															
	Fundición	Aproximadamente ID															
Acero	OD																

- *Ovalación*. Diferencia entre el diámetro exterior (OD) máximo y mínimo en una misma sección recta del tubo.
- *Relación de dimensiones estándar (SDR)*. Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e).

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- *Serie (S)*. Parámetro adimensional que permite clasificar los tubos. Se define como la relación del radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e).

$$S = \frac{r_m}{e} \quad r_m = \frac{DN - e}{2}$$

Ambos ratios, SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

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

- *Rigidez circunferencial específica (S_c)*. Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto (S_0) ó a largo plazo (S_{50}). Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

S_c rigidez circunferencial específica, en N/mm^2

E módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm^2

I momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm^3)

e espesor nominal de la pared del tubo, en mm

EI factor de rigidez transversal, en $N \times mm$

D_m diámetro medio teórico del tubo ($D_m = DN - e$), en mm

Por la propia definición de S_c , ésta se relaciona con el parámetro S mediante la expresión:

$$S_c = \frac{E}{96 S^3}$$

- *Rigidez nominal (SN)*. Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en kN/m^2 .
- *Límite inferior de confianza (LCL)*. Cantidad, expresada en MPa, que puede considerarse como una propiedad de un material, y que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática a largo plazo prevista para el agua a 20°C durante 50 años.
- *Tensión Mínima Requerida (MRS)*. Valor del límite inferior de confianza (LCL) aproximado por defecto al número más próximo de una serie de números normalizados (Serie R20 de los números de Renard), según lo indicado en la tabla 2.

Tabla 2 MRS. Valores de aplicación de las Series de los Números de Renard

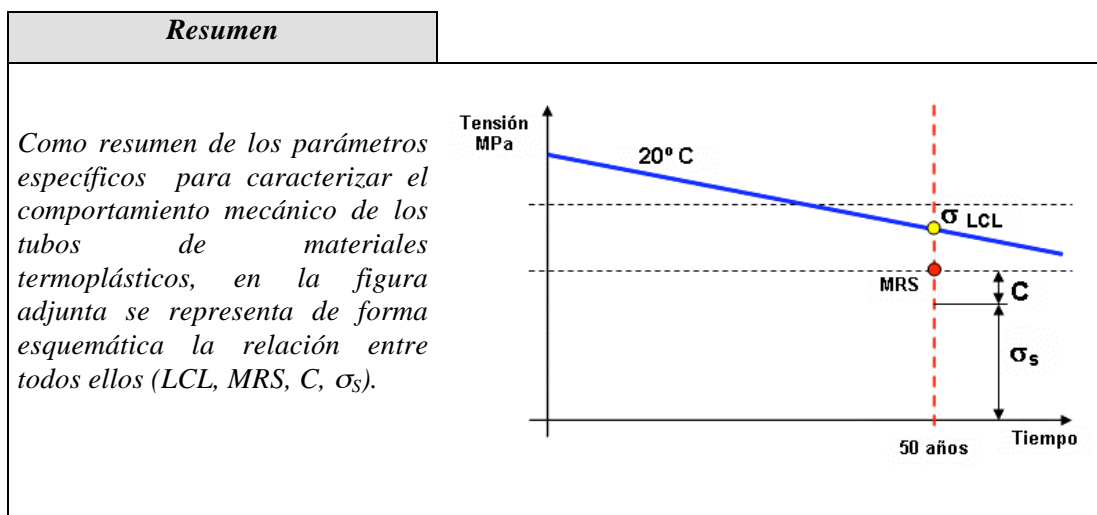
Serie R20 de los números de Renard
1 - 1,12 - 1,25 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2 - 2,24 - 2,5 - 2,8 - 3,15 - 3,55 - 4 - 4,5 - 5 - 5,60 - 6,3 - 7,1 - 8 - 9 - 10 - 11,2 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22,4 - 25 - 28 - 32 - 35,5 - 40 - 44 - 50 - 56 - 63 - 71 - 80 - 90 - 100

- *Tensión de diseño (σ_s)*. Tensión a tracción admisible del material. Se determina dividiendo la Tensión Mínima Requerida (MRS) por un coeficiente de seguridad (C) denominado "coeficiente de diseño", el cual deberá ser seleccionado de entre alguno de los siguientes (serie R20 de los Números de Renard):

1,12 - 1,25 - 1,40 - 1,60 - 1,80 - 2,00 - 2,24 - 2,50 - 2,80

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

Para tuberías de PRFV la resistencia a presión a largo plazo, viene denominada mediante la Base Hidrostática de Diseño (HDB), expresada en el alargamiento unitario inducido en la pared de la tubería, aplicándole un coeficiente de seguridad de 1,8.



2.2.1 Terminología empleada para caracterizar a las presiones hidráulicas

Para caracterizar a las presiones que intervienen en un sistema de distribución de agua cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de presión hidráulica interior se utilizan la siguiente terminología, independientemente del material constitutivo de la conducción.

a) Presiones que solicitan a la conducción. Para caracterizar las presiones que solicitan a una conducción se utilizan, básicamente los tres siguientes términos:

- *Presión de diseño (DP)*. Presión máxima que puede alcanzarse en el funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete.
- *Presión máxima de diseño (MDP)*. Presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete.
- *Presión de prueba de la red (STP)*. Presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada y previo a la Recepción para comprobar su estanquidad.

Otros términos que también se emplean para caracterizar a las presiones que solicitan a una conducción son los siguientes:

- *Presión de funcionamiento (OP)*. Presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua
- *Presión de servicio (SP)*. Presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

b) Presiones que los componentes son capaces de resistir. Para caracterizar las presiones que un componente es capaz de resistir de forma individual se utilizan, básicamente los siguientes términos:

- *Presión de funcionamiento admisible (PFA)*. Presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.
- *Presión máxima admisible (PMA)*. Presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.
- *Presión de prueba en obra admisible (PEA)*. Presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y estanquidad de la conducción.
- *Presión nominal (PN)*. Valor que coincide con la PFA en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 20 °C. Para otras temperaturas del agua la PN será la resultante de dividir por el factor de corrección, F_c , indicado en la figura adjunta la DP ($PFA=PN \times F_c$).

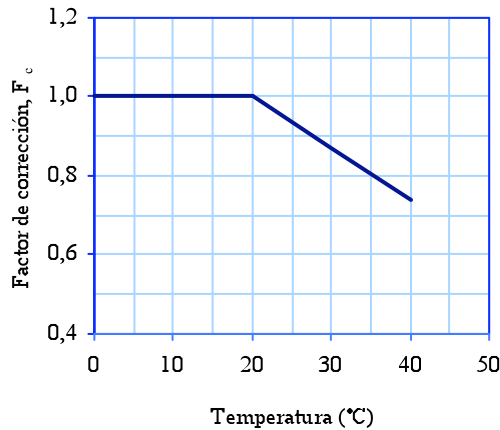


Fig. 3. Factor de corrección de la PN por efecto de la Tª en los tubos de PE

Aplicando la fórmula básica de la resistencia de materiales para tuberías que relaciona la presión interior (PN) con la resistencia del material a tracción (σ_s) y con el espesor y el diámetro del tubo (e y DN, respectivamente):

$$PN = \frac{2 e \sigma_s}{DN}$$

puede verse fácilmente que PN, σ_s y S se relacionan de la siguiente forma:

$$PN = \frac{\sigma_s}{S}$$

Resumen					
<p>En la tabla adjunta se resume la relación entre los principales términos utilizados para caracterizar a las presiones hidráulicas en la norma UNE EN 805.</p> <p>El tradicional concepto de Presión Nominal PN, no incluido en dicha norma, coincide en los materiales plásticos, aproximadamente, con el de la PFA.</p>		<i>Presiones</i>			
		<i>relativas a la red</i>		<i>Presiones</i>	
		<i>relativas a los componentes</i>			
		<i>DP</i>	<i>Presión de Diseño</i>	<i>PFA</i>	<i>Presión de Funcionamiento Admisible</i>
<i>MDP</i>	<i>Presión Máxima de Diseño</i>	<i>PMA</i>	<i>Presión Máxima Admisible</i>		
<i>STP</i>	<i>Presión de Prueba de la Red</i>	<i>PEA</i>	<i>Presión de Prueba en Obra Admisible</i>		
<p>Esta forma de caracterizar a las presiones hidráulicas tiene la ventaja de simplificar de manera importante el diseño de una conducción. Así, si por un lado, y por el diseño hidráulico de una red, se conoce que las presiones que van a solicitar a las tuberías que componen dicha red son DP, MDP y STP, y, por otro lado, están normalizadas las presiones PFA, PMA y PEA que dichas tuberías son capaces de resistir, basta con seleccionar unas conducciones cuyas PFA, PMA y PEA sean superiores a las DP, MDP y STP, respectivamente, a que van a estar sometidas.</p>					

2.3 Normativa, Reglamentación y Certificación

En el presente apartado se establecen unos conceptos básicos en materia de Normativa, Reglamentación y Certificación en el ámbito específico de las tuberías plásticas.

2.3.1 Conceptos básicos

En el ámbito de la normalización deben distinguirse los siguientes conceptos:

- a) Normalización. “Actividad por la que se unifican criterios respecto a determinadas materias y se posibilita la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto” (Ley de Industria, artículo 8).
- b) Norma. “Especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada, cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un Organismo reconocido, a nivel nacional o internacional, por su actividad normativa” (Ley de Industria, artículo 8).
- c) Reglamento Técnico. “Especificación técnica relativa a productos, procesos o instalaciones industriales, establecida con carácter obligatorio a través de una disposición para su fabricación, comercialización o utilización” (Ley de Industria, artículo 8).
- d) Organismo de normalización. Entidad con actividades reconocidas en el campo de la normalización y cuya función principal es, en consecuencia, la preparación, publicación y/o aprobación de normas.
- e) Certificación. “Actividad que permite establecer la conformidad de una determinada empresa, producto, proceso o servicio con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas” (artículo 8 de la Ley de Industria).

La *certificación del producto* se manifiesta mediante la concesión de un Certificado de Conformidad o Marca de Calidad (N de AENOR). Esta certificación de producto no debe confundirse con la certificación de empresa según ISO 9001.

- f) Acreditación. “Reconocimiento formal de la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad, o un laboratorio de ensayo o de calibración industrial“ (artículo 8 de la Ley de Industria).
- g) Homologación. Es la Administración quién la realiza y tiene carácter obligatorio. Hay determinados productos industriales que para poder ser comercializados en España requieren la homologación por parte de la autoridad competente. La Administración define cual es el sistema requerido para homologar un producto, que puede ir desde la presentación de un expediente técnico hasta la realización de visitas a fábrica y ensayos sobre el producto objeto de homologación.

2.3.2 Normativa básica de las tuberías plásticas

Las normas europeas de tuberías de materiales plásticos están todas ellas estructuradas de una manera similar, de forma que para cada combinación de un material y aplicación se ha elaborado una norma diferente para todo el sistema estructurada, en general, en las siguientes partes:

Parte 1 Generalidades

Parte 2 Tubos

Parte 3 Accesorios

Parte 4 Válvulas

Parte 5 Aptitud al uso del sistema

Parte 6 Práctica recomendada para la instalación (norma UNE 53394)

Parte 7 Guía para la evaluación de la conformidad

Aunque en los respectivos apartados de este Manual se especifican las normas de aplicación para cada materia en particular, las normas europeas más importantes que regulan los tubos de materiales plásticos son las que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 3 Normativa básica de producto de las tuberías plásticas según clases

Categoría	Norma		Título
<i>Normas de producto de los tubos de PE</i>	Abastecimiento	UNE-EN 12.201	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE).
	Saneamiento bajo presión hidráulica	UNE-EN 13.244	Sistemas de canalización en materiales plásticos, enterrados o aéreos, para suministro de agua en general y saneamiento a presión. Polietileno (PE).
	Saneamiento por gravedad	UNE-EN 12.666	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión.. Polietileno (PE)
	Microirrigación	UNE 53.367	Plásticos. Tubos de polietileno PE 32 y PE 40 para microirrigación
	Aplicaciones industriales	UNE-EN 15.494	Sistemas de canalización en materiales plásticos para aplicaciones industriales. Polibutileno (PB), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Especificaciones para componentes y el sistema
<i>Normas de producto de los tubos de PVC-U</i>	Abastecimiento	UNE-EN 1452	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)
	Saneamiento bajo presión hidráulica	UNE-EN 1456	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)
	Saneamiento por gravedad	UNE-EN 1401	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)
	Drenaje	UNE 53.994	Plásticos. Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) y polietileno (PE) para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil
<i>Normas de producto de los tubos de PVC-O</i>	Todas las aplicaciones	UNE ISO 16422	Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducciones de agua a presión. Especificaciones

<i>Categoría</i>	<i>Norma</i>		<i>Título</i>
<i>Normas de producto de los tubos de PRFV</i>	Abastecimiento	UNE-EN 1.796	Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP)
	Saneamiento	UNE-EN 14.364	Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Plásticos termoendurecibles reforzados con vidrio (PRFV) a base de resina de poliéster insaturado (UP). Especificaciones para tuberías, accesorios y uniones
<i>Normas de producto de los tubos de pared estructurada</i>	Saneamiento sin presión	UNE-EN 13.476	Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento enterrado sin presión. Sistemas de canalización de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE)

Tabla 4 Otra normativa de interés en el ámbito de las conducciones plásticas

<i>Categoría</i>	<i>Norma</i>		<i>Título</i>
<i>Normativa básica sobre los sistemas</i>	Abastecimiento	UNE-EN 805	Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes
	Saneamiento	UNE-EN 752	Sistemas de desagües y de alcantarillado exteriores a edificios
		UNE-EN 476	Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillados para sistemas de gravedad
<i>Normativa sobre diseño de las conducciones</i>	Diseño hidráulico	UNE 53.959 IN	Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión: Cálculo de la pérdida de carga
	Diseño mecánico	UNE 53.331 IN	Criterios para la comprobación de los tubos de PVC y PE a utilizar en conducciones con o sin presión sometidos a cargas externas
		UNE-EN 1295	Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga.
<i>Normativa sobre instalación</i>	Instalación convencional	UNE 53.394 IN	Código de instalación y manejo de tubos de polietileno para conducción de agua a presión
		UNE-EN 1.610	Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento
		UNE-EN 1046	Práctica recomendada para instalación aérea y enterrada
	Instalaciones sin apertura de zanja	UNE-EN 13.689	Guía para la clasificación y el diseño de sistemas de materiales plásticos utilizados en la renovación
		UNE-EN ISO 14.409	Sistemas de canalización en materiales plásticos para la renovación de redes enterradas de suministro de agua

2.3.3 Certificación en los tubos de materiales plásticos

La actividad en materia de certificación de tubos de materiales plásticos se canaliza en España a través del Comité Técnico de Certificación de Plásticos CTC 001 de AENOR.

En la web de AENOR se puede encontrar información sobre las empresas y sus productos certificados.

<http://www.aenor.es/desarrollo/certificacion/certinforma/buscador.asp>

2.3.4 Reglamentación básica en materia de tuberías

La Reglamentación técnica de la Administración General del Estado en España relativa al proyecto e instalación de tuberías esta constituida básicamente por los siguientes documentos:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Abastecimiento de Agua de 1974
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Saneamiento de Poblaciones de 1986, respectivamente.



Fig. 4. Reglamentación técnica de la Administración General del Estado en España en el ámbito de las tuberías

Recientemente (en los años 2003 y 2007, respectivamente), el CEDEX a través de su Centro de Estudios Hidrográficos (y por encargo del Ministerio de Medio Ambiente), ha publicado la *Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión* y la *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*, documentos que sintetizan el estado del arte en el ámbito de las conducciones a presión o para saneamientos.

Comentario

La Reglamentación técnica de la Administración General del Estado en España relativa al proyecto e instalación de tuberías (los antes citados Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones, de 1.974 y 1.986, respectivamente) se han venido quedando obsoletos en los últimos años, habida cuenta de los avances acaecidos en la tecnología y en la normalización de las conducciones.

Debido a ello, y con el doble objetivo de actualizar el contenido técnico de la Reglamentación en materia de tuberías de la Administración General del Estado (en concreto de los citados Pliegos de 1.974 y 1.986) y de integrar en un único documento de forma ordenada y clara el contenido de la tan abundante pero a veces inconexa normativa sobre la materia, el CEDEX a través de su Centro de Estudios Hidrográficos (y por encargo del Ministerio de Medio Ambiente) publicó en los años 2.003 y 2.007, respectivamente, la “Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión” y la “Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano”, documentos ambos que sintetizan el estado del arte en la materia.

Como se ha indicado, dichas Guías tienen por objeto compilar la normativa y Reglamentación vigente sobre la materia, así como establecer unos criterios generales en lo relativo al proyecto, instalación y mantenimiento de tuberías bien para el transporte de agua a presión, independientemente de cual sea su destino final (abastecimientos, regadíos ,etc) o bien para redes de saneamiento y drenaje urbano.

Dichas Guías, en rigor, no tienen, carácter normativo. No son tampoco un libro de texto ni tan siquiera un manual en el sentido estricto de los términos, pero constituyen una herramienta, auspiciada desde la Administración General del Estado, para la correcta utilización de la actual normativa y Reglamentación relativa al ámbito de las tuberías para el transporte de agua.

2.4 Marcado y trazabilidad de las tuberías

Todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable según las indicaciones de la norma de producto correspondiente. En general, se deben encontrar en el marcado del producto las siguientes identificaciones:

- Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- Fecha de fabricación (mes y año y número de lote)
- Indicación del tipo de material (p.e. PE 100, PVC-O 500, etc)
- Diámetro nominal, DN, en mm
- Referencia a la norma correspondiente en cada aplicación
- SDR (sólo en tubos de PE)
- Logotipo de la Marca de calidad de producto N de AENOR con el nº de contrato relativo al centro de fabricación
- Presión nominal, PN, en bar (en aplicaciones bajo presión interior) o Rigidez nominal, SN, en kN/mm² (en aplicaciones sin presión interior).
- Espesor nominal, e, en mm (excepto en los tubos de PRFV)



Fig. 5. Ejemplo de marcado en un tubo de material plástico

2.5 Ventajas de los tubos de materiales plásticos

Como consecuencia de las características de los tubos de materiales plásticos, los mismos presentan importantes ventajas frente a materiales alternativos, como por ejemplo las siguientes:

- peso reducido (fácil instalación)
- fácil transporte
- fácil montaje
- resistencia a suelos y agentes agresivos (no oxidación ni corrosión)
- bajo coeficiente de rugosidad
- ausencia de sedimentos e incrustaciones
- insensibilidad a las heladas
- elevada resistencia a la propagación de fisuras lenta o rápida
- larga vida útil (mínimo 50 años)
- bajos costes de mantenimiento
- múltiples sistemas de unión (soldadura, accesorios mecánicos, electrofusión, etc)
- reciclabilidad del material

Una explicación más detallada sobre estas ventajas se encuentra en el capítulo 8.



Fig. 6. Facilidad de instalación en obra de tubos de materiales plásticos.

3 Tubos de PVC-U de pared compacta

3.1 Aplicaciones y normativa

Los tubos de PVC-U de pared compacta son susceptibles de ser utilizados en una gran cantidad de aplicaciones para el transporte de agua en el ámbito de la obra civil, básicamente las siguientes:

- abastecimiento de agua potable
- saneamiento (por gravedad o bajo presión hidráulica interior)
- regadío
- reutilización de aguas residuales
- drenaje profundo de carreteras u otras infraestructuras

La normativa de aplicación básica en cada caso es la que se indica a continuación:

- Abastecimiento de agua potable (incluyendo las acometidas domiciliarias). Los tubos de PVC-U de pared compacta para esta aplicación deben cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1452 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)”, la cual consta de las siguientes partes:

Parte 1 Generalidades

Parte 2. Tubos

Parte 3 Accesorios

Parte 4. Válvulas y equipo auxiliar

Parte 5. Aptitud al uso del sistema

Parte 6 Práctica recomendada de instalación

Parte 7 Guía para la evaluación de la conformidad

- Saneamiento bajo presión hidráulica interior, reutilización de aguas residuales, o regadío (en general, cualquier aplicación bajo presión hidráulica interior diferente al abastecimiento de agua potable). En este caso, los tubos de PVC-U de pared compacta para estas aplicaciones deben cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1456 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)”, la cual consta de las siguientes partes:

Parte 1 Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema

Parte 2 Guía para la evaluación de la conformidad

- Saneamientos en régimen de lámina libre. Los tubos de PVC-U de pared compacta para esta aplicación deben cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1401 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)", la cual consta de las siguientes partes:

Parte 1 Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema

Parte 2 Guía para la evaluación de la conformidad

Parte 3 Práctica recomendada para la instalación

- Drenaje de plataformas de carreteras, autopistas, líneas de ferrocarril, vertederos u otras aplicaciones. Los tubos de PVC-U de pared compacta para esta aplicación deben tener practicados una gran cantidad de orificios en las paredes de la tubería para poder captar el agua infiltrada en el terreno alrededor de la conducción y deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE 53.994 EX "Plásticos. Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) y polietileno (PE) para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil."

Los tubos de PVC-U de pared compacta admiten ser fabricados en diferentes colores en función de las aplicaciones anteriores a las que estén destinados, conforme se resume en la tabla adjunta para los principales usos.

Tabla 5 Colores de los tubos de PVC-U de pared compacta según aplicaciones

Aplicación	Colores preferentes
Abastecimiento agua	Gris
Saneamiento o drenaje	Marrón – Naranja
Reutilización de aguas	Gris
Agricultura	Gris

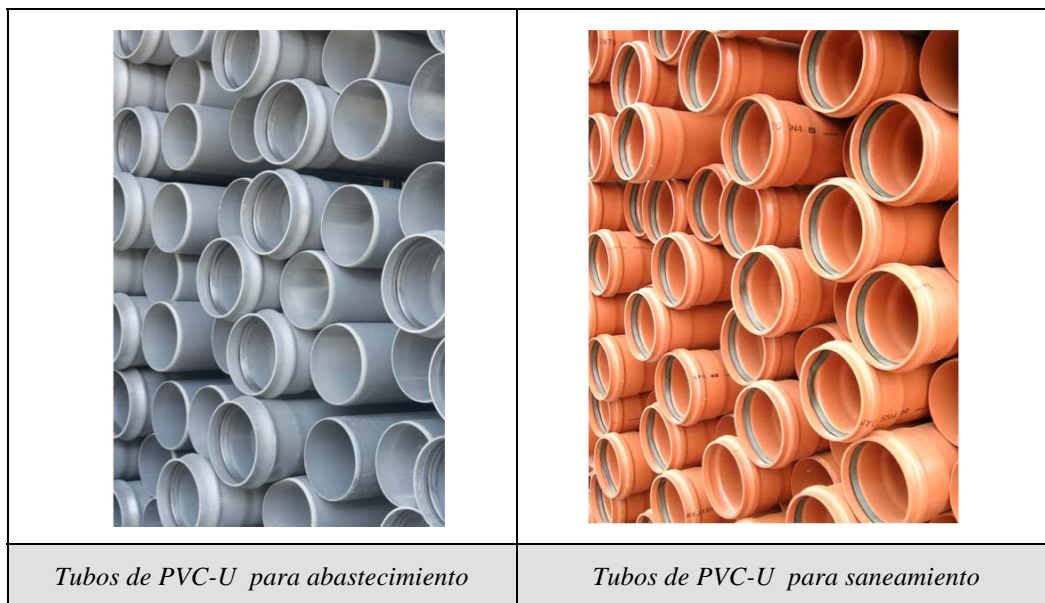


Fig. 7. Ejemplos de colores de los tubos de PVC-U según aplicaciones

3.2 Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PVC-U de pared compacta para el transporte de agua son diferentes, en función de que la conducción vaya o no a estar sometida a presión hidráulica interior.

- Tubos para aplicaciones en lámina libre (saneamiento). En este caso, los tubos de PVC-U se clasifican por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez anular (SN). No obstante, al estar directamente relacionada la SN con la serie S y, también por lo tanto, con la relación SDR, podría utilizarse alguno de estos dos parámetros alternativamente a la SN, siendo, no obstante, lo más habitual clasificar a los tubos por el DN y la SN o, en todo caso, por el DN y la serie SDR.

En el caso genérico de utilizar el DN y la SN como parámetros de clasificación, las posibilidades de utilización de los tubos de PVC-U serían conforme a lo mostrado en la Tabla 9, en la que pueden verse las dimensiones normalizadas en UNE-EN 1401-1 para los anteriores parámetros de clasificación.

- Tubos para aplicaciones bajo presión hidráulica interior (saneamientos o abastecimientos). En este caso, los tubos de PVC-U se clasifican por su DN y PN. También en este caso, al estar como antes directamente relacionada la PN con la serie S y con la relación SDR, podría utilizarse alguno de estos dos parámetros alternativamente a la PN, siendo, no obstante, lo más habitual clasificar a los tubos por el DN y la PN o, en todo caso, por el DN y el SDR.

En el caso genérico de utilizar DN y PN como parámetros de clasificación, las posibilidades de utilización de los tubos de PVC-U serían conforme a lo mostrado en la Tabla 8 (UNE EN 1452 para agua potable) o en la Tabla 10 (UNE-EN 1456 para otras aplicaciones bajo presión hidráulica interior diferentes al abastecimiento de agua potable) supuesto en ambos casos un coeficiente de seguridad $C = 2,5$ hasta diámetro 90 mm y $C = 2$ a partir de DN 110 mm.

3.3 Características técnicas

En la tabla adjunta se resumen las principales características técnicas de los tubos de PVC-U.

Tabla 6 Características técnicas de los tubos de PVC-U

<i>Características físicas de la materia prima</i>	
Densidad	1,35 a 1,46 ($\approx 1,40$) gr/cm ³
MRS (tubos para aplicaciones con presión)	25 N/mm ²
<i>Características mecánicas de la materia prima</i>	
Módulo de elasticidad a corto plazo, E_0	3.000 N/mm ²
Módulo de elasticidad a largo plazo, E_{50}	1.750 N/mm ²
Límite elástico mínimo, $L_{e, \min}$	42 N/mm ²
Límite de rotura	50 N/mm ² (aproximado)
Dureza Shore D a 20°C	70 a 85
Coefficiente de Poisson, ν	0,35
<i>Características térmicas de la materia prima</i>	
Temperatura de reblandecimiento Vicat	74 a 80 °C
Coefficiente de dilatación lineal	$0,8 \times 10^{-4}$ m/m °C ⁻¹
Conductividad térmica	0,15 a 0,18 kcal/mh °C
Calor específico	0,20 a 0,28 cal/gr °C
<i>Características eléctricas de la materia prima</i>	
Rigidez dieléctrica	20 a 40 kV/mm
Constante dieléctrica	3,2 a 3,6 (a 60 Hz)
Resistividad transversal a 20°C	$> 10^{16}$ ohm/cm

<i>Características físicas de los tubos</i>	
Temperatura de reblandecimiento Vicat	> 80 °C
Estabilidad dimensional	5 %
Color	Gris claro o marrón-naranja
<i>Características mecánicas de los tubos</i>	
Resistencia al impacto	< 10%
<i>Características químicas de los tubos</i>	
Contenido en VCM	< 1 ppm

En el caso de los tubos de PVC-U para aplicaciones de saneamientos bajo presión hidráulica interior, de las características mecánicas anteriores, debe destacarse que el valor mínimo del MRS ha de ser 25 N/mm² y el C, y en consecuencia σ_s , adoptan los valores que se indican en la Tabla 7.

Tabla 7 Valores habituales de C, MRS y σ_s (UNE-EN 1.452, UNE-EN 1456)

	MRS	C	σ_s
DN<110	25 N/mm ²	2,5	10,0 N/mm ²
DN≥110	25 N/mm ²	2,0	12,5 N/mm ²

3.4 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 1.452 de los tubos de PVC-U para abastecimiento de agua potable son la que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 8 Dimensiones normalizadas de los tubos PVC-U para abastecimiento de agua potable (UNE-EN 1452-2)

Diámetro (mm)	Toler. OD	Ovalación (mm)		Longitud		Espesor (mm)								
		SDR 41	SDR 26	Valor nominal	Tolerancia	S20	S 16	S 12,5	S 10	S8	S 6,3	S5		
DN	OD	a	a	(m)	(mm)	SDR 41	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11		
		SDR 33	SDR 11					PN7,5	PN 8	PN 10	PN12,5	PN 16	PN 20	
12	0,2		0,5	6	+/- 10								1,5	
16	0,2		0,5	6	+/- 10								1,5	
20	0,2		0,5	6	+/- 10							1,5	1,9	
25	0,2		0,5	6	+/- 10					1,5	1,9	2,4	2,9	
32	0,2		0,5	6	+/- 10			1,5	1,6	1,9	2,4	3,0	3,7	
40	0,2	1,4	0,5	6	+/- 10			1,5	1,6	1,9	2,4	3,0	3,7	
50	0,2	1,4	0,6	6	+/- 10			1,6	2,0	2,4	3,0	3,7	4,6	
63	0,3	1,5	0,8	6	+/- 10			2,0	2,5	3,0	3,8	4,7	5,8	
75	0,3	1,6	0,9	6	+/- 10			2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	
90	0,3	1,8	1,1	6	+/- 10			2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	
								PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25
110	0,4	2,2	1,4	6	+/- 10	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10,0		
125	0,4	2,5	1,5	6	+/- 10	3,1	3,9	4,8	6,0	7,4	9,2	11,4		
140	0,5	2,8	1,7	6	+/- 10	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7		
160	0,5	3,2	2,0	6	+/- 10	4,0	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6		
180	0,6	3,6	2,2	6	+/- 10	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4		
200	0,6	4,0	2,4	6	+/- 10	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2		
225	0,7	4,5	2,7	6	+/- 10	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6			
250	0,8	5,0	3,0	6	+/- 10	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4			
280	0,9	6,8	3,4	6	+/- 10	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6			
315	1,0	7,6	3,8	6	+/- 10	7,7	9,7	12,1	15,0	18,7	23,2			
355	1,1	8,6	4,3	6	+/- 10	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1			
400	1,2	9,6	4,8	6	+/- 10	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4			
450	1,4	10,5	5,4	6	+/- 10	11,0	13,8	17,2	21,5	26,7	33,1			
500	1,5	12,0	6,0	6	+/- 10	12,3	15,3	19,1	23,9	29,7	36,8			
560	1,7	13,5	6,8	6	+/- 10	13,7	17,2	21,4	26,7					
630	1,9	15,2	7,6	6	+/- 10	15,4	19,3	24,1	30,0					
710	2,0	17,1	8,6	6	+/- 10	17,4	21,8	27,2						
800	2,0	19,2	9,6	6	+/- 10	19,6	24,5	30,6						
900	2,0	21,6		6	+/- 10	22,0	27,6							
1.000	2,0	24,0		6	+/- 10	24,5	30,6							

Las dimensiones normalizadas en la Norma UNE-EN 1.401 de los tubos de PVC-U para saneamientos por gravedad son la que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 9 Dimensiones de los tubos de PVC-U para saneamientos por gravedad (UNE-EN 1.401)

Diámetro (mm)		Ovalación (mm)	Espesor (mm)		
DN	Tol OD		SN 2	SN 4	SN 8
			SDR 51	SDR 41	SDR 34,4
		S 25	S 20	S 16,7	
110	0,3	2,64		3,2	3,2
125	0,3	3,00		3,2	3,7
160	0,4	3,84	3,2	4,0	4,7
200	0,5	4,80	3,9	4,9	5,9
250	0,5	6,00	4,9	6,2	7,3
315	0,6	7,56	6,2	7,7	9,2
355	0,7	8,52	7,0	8,7	10,4
400	0,7	9,60	7,9	9,8	11,7
450	0,8	10,80	8,8	11,0	13,2
500	0,9	12,00	9,8	12,3	14,6
630	1,1	15,12	12,3	15,4	18,4
710	1,2	17,04	13,9	17,4	
800	1,3	19,20	15,7	19,6	
900	1,5	21,60	17,6	22,0	
1.000	1,6	24,00	19,6	24,5	

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 1.456 de los tubos de PVC-U para saneamientos bajo presión hidráulica interior (o en general para cualquier aplicación diferente al abastecimiento de agua) son la que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 10 Dimensiones de los tubos de PVC-U para saneamientos bajo presión hidráulica interior (UNE-EN 1.456)

Diámetro (mm)		Ovalación (mm)		Longitud		Espesor (mm)					
DN	Toler. OD	SDR 41 a SDR 33	SDR 26 a SDR 11	Valor nom. (m)	Tolerancia (mm)	S20	S 16,7	S 16	S 12,5	S 10	S8
						SDR 41	SDR 34,4	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17
						PN 6	PN 7,5	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16
12	0,2		0,5	6	+/- 10						
16	0,2		0,5	6	+/- 10						
20	0,2		0,5	6	+/- 10						
25	0,2		0,5	6	+/- 10						1,5
32	0,2		0,5	6	+/- 10						1,9
40	0,2	1,4	0,5	6	+/- 10			1,5	1,6	1,9	2,4
50	0,2	1,4	0,6	6	+/- 10		1,5	1,6	2,0	2,4	3,0
63	0,3	1,5	0,8	6	+/- 10		1,9	2,0	2,5	3,0	3,8
75	0,3	1,6	0,9	6	+/- 10		2,2	2,3	2,9	3,6	4,5
90	0,3	1,8	1,1	6	+/- 10		2,7	2,8	3,5	4,3	5,4
						PN 6	PN 7,5	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16
110	0,4	2,2	1,4	6	+/- 10	2,7	3,2	3,4	4,2	5,3	6,6
125	0,4	2,5	1,5	6	+/- 10	3,1	3,7	3,9	4,8	6,0	7,4
140	0,5	2,8	1,7	6	+/- 10	3,5	4,1	4,3	5,4	6,7	8,3
160	0,5	3,2	2,0	6	+/- 10	4,0	4,7	4,9	6,2	7,7	9,5
180	0,6	3,6	2,2	6	+/- 10	4,4	5,3	5,5	6,9	8,6	10,7
200	0,6	4,0	2,4	6	+/- 10	4,9	5,9	6,2	7,7	9,6	11,9
225	0,7	4,5	2,7	6	+/- 10	5,5	6,6	6,9	8,6	10,8	13,4
250	0,8	5,0	3,0	6	+/- 10	6,2	7,3	7,7	9,6	11,9	14,8
280	0,9	6,8	3,4	6	+/- 10	6,9	8,2	8,6	10,7	13,4	16,6
315	1,0	7,6	3,8	6	+/- 10	7,7	9,2	9,7	12,1	15,0	18,7
355	1,1	8,6	4,3	6	+/- 10	8,7	10,4	10,9	13,6	16,9	21,1
400	1,2	9,6	4,8	6	+/- 10	9,8	11,7	12,3	15,3	19,1	23,7
450	1,4	10,5	5,4	6	+/- 10	11,0	13,2	13,8	17,2	21,5	26,7
500	1,5	12,0	6,0	6	+/- 10	12,3	14,6	15,3	19,1	23,9	29,7
560	1,7	13,5	6,8	6	+/- 10	13,7	16,4	17,2	21,4	26,7	
630	1,9	15,2	7,6	6	+/- 10	15,4	18,4	19,3	24,1	30,0	
710	2,0	17,1	8,6	6	+/- 10	17,4	20,7	21,8	27,2		
800	2,0	19,2	9,6	6	+/- 10	19,6	23,3	24,5	30,6		
900	2,0	21,6		6	+/- 10	22,0	26,3	27,6			
1.000	2,0	24,0		6	+/- 10	24,5	29,2	30,6			

3.5 Accesorios

Son los elementos necesarios para dar continuidad, enlazar, direccionar y derivar las tuberías. Para conducciones de PVC-U de pared compacta hay una amplia gama de accesorios normalizados (manguitos, codos, té, bridas, reducciones, derivaciones, conos, acometidas, tapones, etc), como los mostrados a título de ejemplo en la figura adjunta. Para el detalle de las dimensiones de los mismos, consultar el Manual Técnico Tuberías de PVC de AseTUB.



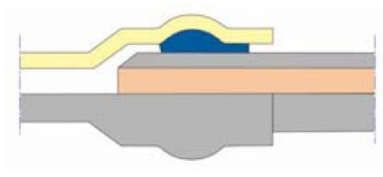
3.6 Sistemas de unión

Las tuberías de PVC-U de pared compacta admiten una gran variedad de sistemas de unión, siendo los más frecuentes los siguientes:

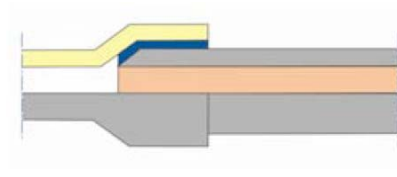
- Unión encolada
- Unión elástica con anillo elastomérico

Otras uniones:

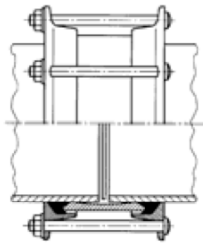
- Unión mecánica (Gibault, etc.)
- Unión con bridas (metálicas o de plástico)



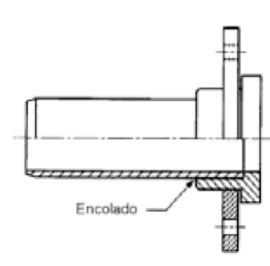
Unión elástica con anillo elastomérico



Unión encolada



Unión mecánica (Gibault)



Unión con bridas

Fig. 8. – *Sistemas de unión en tubos de PVC-U*

4 Tubos de PVC-O de pared compacta

4.1 Aplicaciones y normativa

Los tubos de PVC-O de pared compacta se pueden utilizar en diversas aplicaciones para el transporte de agua en el ámbito de la obra civil, básicamente las que se indican a continuación. Por su propia naturaleza, estos tubos siempre se emplean en aplicaciones cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión interior.

- abastecimiento de agua potable
- saneamiento (bajo presión hidráulica interior)
- regadío
- reutilización de aguas residuales

La normativa de aplicación básica para estos tubos en las anteriores aplicaciones es la norma UNE ISO 16422 “Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducciones de agua a presión. Especificaciones”.

Los tubos de PVC-O de pared compacta admiten ser fabricados en diferentes colores en función de las aplicaciones anteriores a las que estén destinados. Es frecuente, por ejemplo, que los tubos para abastecimiento sean de color azul y los que se emplean en reutilización de aguas residuales morados.



Fig. 9. Aspecto externo de tubos apilados de PVC-O

4.2 Clasificación

Los tubos de PVC-O de pared compacta se clasifican por su coeficiente de seguridad C, y por su MRS, DN y PN. Los valores normalizados en UNE ISO 16.422 para estos cuatro parámetros son los que se indican en el apartado 4.4

4.3 Características técnicas

En la tabla adjunta se resumen las principales características técnicas de los tubos de PVC-O de pared compacta.

Tabla 11 Principales características técnicas de los tubos de PVC-O de pared compacta

Propiedad	Uds	PVC-O 315	PVC-O 355	PVC-O 400	PVC-O 450	PVC-O 500
Tensión Mínima Requerida, MRS	MPa	31,5	35,5	40,0	45,0	50,0
Densidad (aproximada)	gr/cm ³	1,42				
Límite elástico mínimo	N/mm ²	48				
Módulo de elasticidad tangencial	N/mm ²	3.500				
Módulo de elasticidad axial	N/mm ²	3.000				
Calor específico	Cal/gr °C	0,25				
Resistividad transversal a 20 °C	Ohm/cm	10 ¹⁴				
Resistencia al impacto (VGI)	%	10				
Coefficiente de dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,05				
Conductividad térmica	kcal/m °C	0,13				
Tª reblandecimiento VICAT (fuerza 50 N)	°C	80				
Constante dieléctrica		3,0				
Rugosidad hidráulica	K(mm)	0,003				
	n (Manning)	0,008				
	C (H Will.)	150				

4.4 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas en UNE-ISO 16.422 de los tubos de PVC-O para transporte de agua son las que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 12 Dimensiones de los tubos de PVC-O (UNE-ISO 16.422)

		PN (para C = 1,6)												
PVC-O	315	6,3		8		10		12,5		16		20		25
	355		8		10		125,5		16		20		25	
	400	8		10		125,5		16		20		25		
	450		10		12,5		16		20		25			
500	10		12,5		16		20		25					
		PN (para C=1,4)												
PVC-O	450	10		12,5		16		20		25				
	500		12,5		16		20		25					
		PN (para C = 2,0)												
PVC-O	315	5		6,3		8		10		12,5		16		20
	355		6,3		8		10		12,5		16		20	
	400	6,3		8		10		12,5		16		20		25

	450		8		10		12,5		16		20		25	
	500	8		10		12,5		16		20		25		
S		32	28	25	22,4	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9	8
SDR		65	57	51	45,8	41	37	33	29	26	23,4	21	19	17
DN	63					1,60	1,80	2,00	2,20	2,50	2,70	3,00	3,40	3,80
	75			1,50	1,70	1,90	2,10	2,30	2,60	2,90	3,20	3,60	4,00	4,50
	90		1,60	1,80	2,00	2,30	2,50	2,80	3,10	3,50	3,90	4,30	4,80	5,40
	110	1,80	2,00	2,20	2,50	2,70	3,10	3,40	3,80	4,30	4,70	5,30	5,90	6,60
	125	2,00	2,20	2,50	2,80	3,10	3,50	3,90	4,30	4,80	5,40	6,00	6,70	7,50
	140	2,20	2,50	2,80	3,10	3,50	3,90	4,30	4,80	5,40	6,00	6,70	7,50	8,30
	160	2,50	2,80	3,20	3,50	4,00	4,40	4,90	5,50	6,20	6,90	7,70	8,50	9,50
	180	2,90	3,20	3,60	4,00	4,50	5,00	5,60	6,20	6,90	7,70	8,60	9,60	10,70
	200	3,20	3,50	4,00	4,40	4,90	5,50	6,20	6,90	7,70	8,60	9,60	10,70	11,90
	225	3,60	4,00	4,40	5,00	5,60	6,20	6,90	7,70	8,60	9,60	10,80	12,00	13,40
	250	3,90	4,40	4,90	5,50	6,20	6,90	7,70	8,60	9,60	10,70	12,00	13,30	14,90
	280	4,40	4,90	5,50	6,20	6,90	7,70	8,60	9,60	10,70	12,00	13,40	14,90	16,60
	315	5,00	5,50	6,20	6,90	7,80	8,70	9,70	10,80	12,10	13,50	15,00	16,80	18,70
	355	5,60	6,20	7,00	7,80	8,70	9,80	10,90	12,20	13,60	15,20	17,00	18,90	21,10
	400	6,30	7,00	7,90	8,80	9,80	11,00	12,30	13,70	15,30	17,10	19,10	21,30	23,70
	450	7,10	7,90	8,80	9,90	11,10	12,40	13,80	15,40	17,20	19,20	21,50	24,00	26,70
500	7,80	8,80	9,80	11,00	12,30	13,70	15,30	17,10	19,20	21,40	23,90	26,60	29,70	
560	8,80	9,80	11,00	12,30	13,70	15,40	17,20	19,20	21,40	23,90	26,70	29,80	33,20	
630	9,90	11,00	12,30	13,80	15,50	17,30	19,30	21,60	24,10	26,90	30,00	33,50	37,40	

4.5 Accesorios

No hay accesorios disponibles en PVC-O, de manera que las piezas especiales necesarias en este tipo de conducciones (codos, tes derivaciones, etc) suelen ser de fundición dúctil conforme a las especificaciones de la norma UNE EN 12.842.

4.6 Sistemas de unión

Las tuberías de PVC-O de pared compacta se unen habitualmente mediante uniones elásticas con anillo elastomérico.

5 Tubos de PE de pared compacta

5.1 Aplicaciones y normativa

Los tubos de PE de pared compacta son susceptibles de ser utilizados en una gran cantidad de aplicaciones para el transporte de agua en el ámbito de la obra civil, básicamente las siguientes:

- abastecimiento de agua potable
- saneamiento (por gravedad, bajo presión hidráulica interior o por vacío)
- regadío
- reutilización de aguas residuales
- microirrigación
- aplicaciones industriales
- emisarios submarinos
- acometidas domiciliarias
- drenaje profundo de carreteras u otras infraestructuras
- rehabilitación de conducciones existentes
- instalación de conducciones sin apertura de zanja

La normativa de aplicación básica en cada caso es la que se indica a continuación:

- Abastecimiento de agua potable (incluyendo las acometidas domiciliarias). Los tubos de PE para esta aplicación deben cumplir con lo especificado por la norma UNE EN 12.201 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE)”, la cual se compone de las siguientes partes:

Parte 1 General

Parte 2 Tubos

Parte 3 Accesorios

Parte 4 Válvulas y equipo auxiliar

Parte 5 Aptitud al uso del sistema

Parte 6 Código de buena práctica (idéntica a la norma UNE 53.394 IN)

Parte 7 Guía para la evaluación de la conformidad

Las conducciones de PE para rehabilitación de conducciones existentes y las empleadas en instalación de conducciones sin apertura de zanja, habida cuenta que las tuberías puestas en obra mediante estas tecnologías están destinadas al

abastecimiento de agua a poblaciones) se suelen regular también conforme a la normativa anterior.

- Saneamiento bajo presión hidráulica interior, reutilización de aguas residuales, aplicaciones industriales, emisarios submarinos o regadío (en general, cualquier aplicación bajo presión hidráulica interior diferente al abastecimiento de agua potable). En este caso, los tubos de PE para estas aplicaciones deben cumplir con lo especificado por la norma UNE EN13.244:2004 “sistemas de canalización en materiales plásticos, enterrados o aéreos, para suministro de agua en general, y saneamiento a presión. Polietileno (PE)”, la cual se compone de las siguientes partes:

Parte 1. Generalidades

Parte 2. Tubos

Parte 3. Accesorios

Parte 4. Válvulas

Parte 5. Aptitud del sistema a la función

- Saneamientos en régimen de lámina libre. Los tubos de PE para esta aplicación deben cumplir con lo especificado por la norma UNE EN 12.666 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Polietileno (PE)”, la cual se compone de las siguientes partes:

Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema

Parte 2. Guía para la verificación de la conformidad (ENV)

Parte 3. Guía para la instalación (ENV)

- Microirrigación. Los tubos de PE para esta aplicación deben cumplir con lo especificado por la norma UNE 53.367:2005 “Plásticos. Tubos de polietileno PE 32 y PE 40 para microirrigación”.
- Drenaje profundo de plataformas de carreteras, autopistas, líneas de ferrocarril, vertederos u otras aplicaciones similares. Los tubos de PE para esta aplicación deben tener practicados una gran cantidad de orificios en las paredes de la tubería para poder captar el agua infiltrada en el terreno alrededor de la conducción y deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE 53.994:2000 EX “Plásticos. Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) y polietileno (PE) para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil.”

Los tubos de PE admiten ser fabricados en diferentes colores en función de las aplicaciones anteriores a las que estén destinados, conforme se resume en la tabla adjunta para los principales usos.

Tabla 13 Colores preferentes de los tubos de PE según aplicaciones

Aplicación	Colores preferentes
Abastecimiento agua	Azul Negro con bandas azules
Saneamiento o drenaje	Negro Negro con bandas marrones
Reutilización de aguas	Negro Negro con bandas marrones o moradas

Nota: En tubos para abastecimiento de agua, y debido a la alta radiación solar que hay en España, se recomienda utilizar tubos de color negro con bandas azules






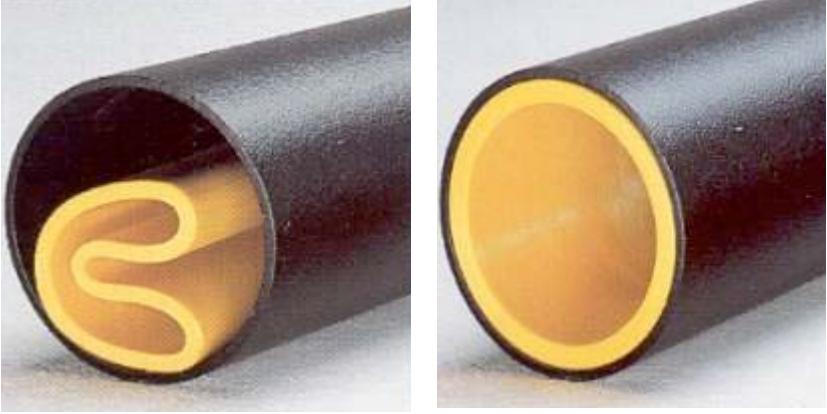
	
<p><i>Tubos de PE para abastecimientos</i></p>	<p><i>Tubos de PE para saneamiento</i></p>
	
<p><i>Tubos de PE para emisarios submarinos</i></p>	<p><i>Tubos de PE para drenaje de plataformas</i></p>
	
<p><i>Tubos de PE para rehabilitación de conducciones existentes</i></p>	

Fig. 10. Ejemplos de aplicaciones de los tubos de PE

5.2 Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PE de pared compacta para el transporte de agua son diferentes, en función de que la conducción vaya o no a estar sometida a presión hidráulica interior.

- Tubos para aplicaciones en lámina libre. En este caso, los tubos de PE se clasifican por su DN y por su SN. No obstante, al estar directamente relacionada la SN con la serie S y, también por lo tanto, con la relación SDR, podría utilizarse alguno de estos dos parámetros alternativamente a la SN, siendo, no obstante, lo más habitual clasificar a los tubos por el DN y la SN o, en todo caso, por el DN y la serie SDR.

En el caso genérico de utilizar el DN y la SN como parámetros de clasificación, las posibilidades de utilización de los tubos de PE serían conforme a lo mostrado en la Tabla 17, en la que pueden verse las dimensiones normalizadas en UNE-EN 12.666-1:2006 para los anteriores parámetros de clasificación.

- Tubos para aplicaciones bajo presión hidráulica interior. En este caso, los tubos de PE se clasifican por su MRS, DN y PN. También en este caso, al estar como antes directamente relacionada la PN con la serie S y con la relación SDR, podría utilizarse alguno de estos dos parámetros alternativamente a la PN, siendo, no obstante, lo más habitual clasificar a los tubos por el MRS, el DN y la PN o, en todo caso, por el MRS, el DN y el SDR.

En el caso genérico de utilizar MRS, DN y PN como parámetros de clasificación, las posibilidades de utilización de los tubos de PE serían conforme a lo mostrado en la Tabla 15 (UNE EN 13244-2 para agua potable) o en la Tabla 16 (UNE EN 12.666 para otras aplicaciones bajo presión hidráulica interior diferentes al abastecimiento de agua potable) supuesto un C de 1,25 que es el propuesto por CEN.

Los valores normalizados de los anteriores parámetros son los que se especifican en el apartado 5.4

5.3 Características técnicas

En la tabla adjunta se resumen las principales características técnicas de los tubos de PE

Tabla 14 Principales características técnicas de los tubos de PE

Propiedad	Uds	PE 40	PE 80	PE 100
Tensión Mínima Requerida, MRS	MPa	4	8	10
Densidad (aproximada)	gr/cm ³	0,91 a 0,93	0,93 a 0,95	> 0,95
Índice de Fluidéz en Masa (190°C)	g/10 min	0,2 a 1,4 (2,16 kg)	0,2 a 1,4 (5 kg)	0,2 a 1,4 (5kg)
Resistencia a la tracción longitudinal	MPa	> 10	> 19	> 19
Alargamiento en la rotura	%	> 350	> 350	> 350
Resistencia a flexión transv a corto plazo	MPa	30	30	30
Resistencia a flexión transv a largo plazo	MPa	14,4	14,4	14,4
Módulo de elasticidad a corto plazo	MPa	400	900	1.000
Módulo de elasticidad a largo plazo	MPa	130	150	160
Coefficiente de dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,17	0,22	0,22
Contenido en negro de carbono	%	2,0 a 2,5	2,0 a 2,5	2,0 a 2,5
Conductividad térmica	kcal/m °C	0,35	0,37	0,37

Propiedad	Uds	PE 40	PE 80	PE 100
Dureza	Shore D	55	60	65
Tiempo de inducción a la oxidación	minutos	> 20	> 20	> 20
Tª reblandecimiento VICAT (fuerza 50 N)	°C	116	120	124
Dispersión del negro de carbono		< 3	< 3	< 3
Contenido en sustancias volátiles	mg/kg	< 350	< 350	< 350
Contenido en agua	mg/kg	< 300	< 300	< 300
Coficiente de Poisson, ν		0,4	0,4	0,4
Constante dieléctrica		2,3	2,4	2,5
Rugosidad hidráulica	K(mm)	0,003	0,003	0,003
	n (Manning)	0,008	0,008	0,008
	C (H Will.)	150	150	150

5.4 Dimensiones de los tubos

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 12.201 de los tubos de PE para abastecimiento de agua potable son las que se indican en la tabla adjunta

Tabla 15 Dimensiones normalizada de los tubos de PE para abastecimiento de agua potable (UNE-EN 12.201)

		S	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	12,5	16	20
		SDR	6	7,4	9	11	13,6	17	17,6	21	26	33	41
		PN	PE 40	10	8	6	5	4		3,2	2,5		
		(C =	PE 80	25	20	16	12,5	10	8	6	5	4	3,2
		1,25)	PE 100	25	20	16	12,5	10		8	6,3	5	4
Diámetro (mm)	Ovalación		Espesor nominal (mm)										
	DN	Tol.	(mm)										
16	0,3	1,2		3,0	2,3	2,0							
20	0,3	1,2		3,4	3,0	2,3	2,0						
25	0,3	1,2		4,2	3,5	3,0	2,3	2,0					
32	0,3	1,3		5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0	2,0			
40	0,4	1,4		6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4	2,3	2,0		
50	0,4	1,4		8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0	2,9	2,4	2,0	
63	0,4	1,5		10,5	8,6	7,1	5,8	4,7	3,8	3,6	3,0	2,5	
75	0,5	1,6		12,5	10,3	8,4	6,8	5,6	4,5	4,3	3,6	2,9	
90	0,6	1,8		15,0	12,3	10,1	8,2	6,7	5,4	5,1	4,3	3,5	
110	0,7	2,2		18,3	15,1	12,3	10,0	8,1	6,6	6,3	5,3	4,2	
125	0,8	2,5		20,8	17,1	14,0	11,4	9,2	7,4	7,1	6,0	4,8	
140	0,9	2,8		23,3	19,2	15,7	12,7	10,3	8,3	8,0	6,7	5,4	
160	1,0	3,2		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5	9,1	7,7	6,2	
180	1,1	3,6		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7	10,2	8,6	6,9	
200	1,2	4,0		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9	11,4	9,6	7,7	
225	1,4	4,5		37,4	30,8	25,2	20,5	16,6	13,4	12,8	10,8	8,6	
250	1,5	5,0		41,5	34,2	27,9	22,7	18,4	14,8	14,2	11,9	9,6	
280	1,7	5,8		46,5	38,3	31,3	25,4	20,6	16,6	15,9	13,4	10,7	
315	1,9	6,6		52,3	43,1	35,2	28,6	23,2	18,7	17,9	15,0	11,9	9,7
355	2,2	7,6		59,0	48,5	39,7	32,3	26,1	21,1	20,2	16,9	13,5	10,9
400	2,4	8,6			54,7	44,7	36,4	29,4	23,7	22,7	19,1	15,1	12,3
450	2,7	9,9			61,5	50,0	40,9	33,1	26,7	25,5	21,5	17,2	13,8
500	3,0	11,4				55,8	45,4	36,8	29,7	28,3	23,9	19,1	15,3
560	3,4	13,1					50,9	41,2	33,2	31,7	26,7	21,4	17,2
630	3,8	15,1					57,2	46,3	37,4	35,7	30,0	24,1	19,3
710	4,4	17,4						52,2	42,1	40,2	33,9	27,2	21,8
800	5,0	20,0						58,8	47,4	45,3	38,1	30,6	24,5
900	5,7	22,9							53,3	51,0	42,9	34,4	27,6
1.000	6,5	26,1							59,3	56,6	47,7	38,2	30,6
1.200	7,5	30,0									57,2	45,9	36,7
1.400	8,7	34,5										53,5	42,9

			<i>S</i>	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	12,5	16	20
			<i>SDR</i>	6	7,4	9	11	13,6	17	17,6	21	26	33	41
1.600	14,4											61,2	49,0	39,2

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 13.244 de los tubos de PE para saneamientos (o en general para cualquier aplicación diferente al abastecimiento de agua) bajo presión hidráulica interior son las que se indican en la tabla adjunta

Tabla 16 Dimensiones normalizadas de los tubos de PE para saneamientos bajo presión (UNE-EN 13.244)

			<i>S</i>	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	12,5	16	20	
			<i>SDR</i>	6	7,5	9	11	13,6	17	17,6	21	26	33	41	
		<i>PN</i>	<i>PE 80</i>	25	20	16	12,5	10	8		6	5	4	3,2	
		<i>(C=1,25)</i>	<i>PE 100</i>		25	20	16	12,5	10		8	6	5	4	
<i>Diámetro (mm)</i>		<i>Ovalación (mm)</i>	<i>Espesor nominal (mm)</i>												
<i>DN</i>	<i>Tol.</i>														
32	0,3	1,3		5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0	2,0					
40	0,4	1,4		6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4	2,3	2,0				
50	0,4	1,4		8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0	2,9	2,4	2,0			
63	0,4	1,5		10,5	8,6	7,1	5,8	4,7	3,8	3,6	3,0	2,5			
75	0,5	1,6		12,5	10,3	8,4	6,8	5,6	4,5	4,3	3,6	2,9			
90	0,6	1,8		15,0	12,3	10,1	8,2	6,7	5,4	5,1	4,3	3,5			
110	0,7	2,2		18,3	15,1	12,3	10,0	8,1	6,6	6,3	5,3	4,2			
125	0,8	2,5		20,8	17,1	14,0	11,4	9,2	7,4	7,1	6,0	4,8			
140	0,9	2,8		23,3	19,2	15,7	12,7	10,3	8,3	8,0	6,7	5,4			
160	1,0	3,2		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5	9,1	7,7	6,2			
180	1,1	3,6		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7	10,2	8,6	6,9			
200	1,2	4,0		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9	11,4	9,6	7,7			
225	1,4	4,5		37,4	30,8	25,2	20,5	16,6	13,4	12,8	10,8	8,6			
250	1,5	5,0		41,5	34,2	27,9	22,7	18,4	14,8	14,2	11,9	9,6			
280	1,7	9,8		46,5	38,3	31,3	25,4	20,6	16,6	15,9	13,4	10,7			
315	1,9	11,1		52,3	43,1	35,2	28,6	23,2	18,7	17,9	15,0	11,9	9,7	7,7	
355	2,2	12,5		59,0	48,5	39,7	32,3	26,1	21,1	20,2	16,9	13,5	10,9	8,7	
400	2,4	14,0			54,7	44,7	36,4	29,4	23,7	22,7	19,1	15,1	12,3	9,8	
450	2,7	15,6			61,5	50,0	40,9	33,1	26,7	25,5	21,5	17,2	13,8	11,0	
500	3,0	17,5				55,8	45,4	36,8	29,7	28,3	23,9	19,1	15,3	12,3	
560	3,4	19,6					50,9	41,2	33,2	31,7	26,7	21,4	17,2	13,7	
630	3,8	22,1					57,2	46,3	37,4	35,7	30,0	24,1	19,3	15,4	
710	6,4							52,2	42,1	40,2	33,9	27,2	21,8	17,4	
800	7,2							58,8	47,4	45,3	38,1	30,6	24,5	19,6	
900	8,1								53,3	51,0	42,9	34,4	27,6	22,0	
1.000	9,0								59,3	56,6	47,7	38,2	30,6	24,5	
1.200	10,8										57,2	45,9	36,7	29,4	
1.400	12,6											53,5	42,9	34,3	
1.600	14,4											61,2	49,0	39,2	

Las dimensiones normalizadas en UNE-EN 12.666 de los tubos de PE para saneamientos por gravedad son las que se indican en la tabla adjunta

Tabla 17 Dimensiones normalizada de los tubos de PE para saneamientos por gravedad (UNE-EN 12666)

<i>Diámetro (mm)</i>		<i>Espesor nominal mínimo (mm)</i>			
<i>DN</i>	<i>Tol.</i>	<i>S</i>	<i>10</i>	<i>12,5</i>	<i>16</i>
		<i>SDR</i>	<i>21</i>	<i>26</i>	<i>33</i>
		<i>SN</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>2</i>
110	1,0		5,3	4,2	
125	1,2		6,0	4,8	
160	1,5		7,7	6,2	
200	1,8		9,6	7,7	
250	2,3		11,9	9,6	7,7

Diámetro (mm)		Espesor nominal mínimo (mm)			
DN	Tol.	S	10	12,5	16
		SDR	21	26	33
		SN	8	4	2
315	2,9		15,0	11,9	9,7
355	3,2		16,9	13,5	10,9
400	3,6		19,1	15,1	12,3
450	4,1		21,5	17,2	13,8
500	4,5		23,9	19,1	15,3
630	5,7		30,0	24,1	19,3
800	7,2		38,1	30,6	24,5
1.000	9,0		47,7	38,2	30,6
1.200	10,0		57,2	45,9	36,7
1.400	10,0			53,5	42,9
1.600	10,0			61,2	49,0

Las dimensiones normalizadas en UNE 53.367 de los tubos de PE para microirrigación son las que se indican en la tabla adjunta

Tabla 18 Dimensiones normalizadas (espesores, en mm) de los tubos de PE para microirrigación (UNE 53.367:2005)

DN (mm)	PE 32			PE 40		
	S 10	S 6,3	S 4	S 12,5	S 8	S 5
	PN 2,5	PN 4	PN 6	PN 2,5	PN 4	PN 6
12	1,0	1,1	1,4		1,1	1,1
16	1,2	1,4	1,8	1,0	1,2	1,5
20	1,3	1,5	2,3	1,2	1,5	1,9
25	1,4	1,9	2,8	1,2	1,5	2,3
32	1,6	2,4	3,6	1,5	1,9	2,9

Gracias a la flexibilidad de los tubos de PE, en diámetros pequeños (menores de 110 mm o, excepcionalmente, hasta 160 mm) pueden suministrarse en rollos continuos que pueden tener una longitud de 50 a 200 m. En pequeños diámetros, se pueden suministrar bobinas con tuberías de hasta 1.000 m de longitud. En diámetros mayores, se suministran en barras rectas, no estando normalizada la longitud de los tubos, que queda determinada por otros condicionantes de la instalación (transporte en camión, etc).



Fig. 11. Tubos de PE en barras rectas o en rollos

5.5 Accesorios

Para conducciones de PE de pared compacta hay una amplia gama de accesorios normalizados, como los mostrados a título de ejemplo en la figura adjunta. Para el detalle de las dimensiones de los mismos, consultar el Manual Técnico Tuberías de Polietileno de AseTUB.



Fig. 12. Ejemplos de accesorios en PE

En las conducciones de saneamiento pueden instalarse pozos de registro de PE de pared compacta. Son de una sola pieza, de sección interior continua y se obtienen por corte de un tubo de PE colocado verticalmente al que se le suelda una tapa en la base y un módulo de ajuste para el cerco y la tapa de registro en su parte superior.

La Norma UNE-EN 13598-2 Tuberías plásticas para saneamiento y evacuación enterrados sin presión, en su parte 2 se refiere a especificaciones para los pozos y arquetas de inspección en áreas de tráfico y en instalaciones subterráneas profundas.

5.6 Sistemas de unión

Las tuberías de PE admiten una gran variedad de sistemas de unión, siendo los más frecuentes los siguientes:

- soldadura por electrofusión
- soldadura a tope
- unión mediante accesorios mecánicos
- unión mediante bridas

De los anteriores sistemas de unión habituales, no obstante, es la soldadura térmica (por electrofusión o a tope) el que más se emplea en la actualidad, gracias al cual se consigue que el material fundido de las zonas a unir se entremezcle entrelazándose sus macromoléculas. Es un sistema de unión económico y que garantiza uniones estancas, fiables y resistentes a la tracción.

De manera simplificada, en los párrafos siguientes se dan unas breves pautas sobre las ventajas de cada sistema, sintetizándose en la figura adjunta el campo de utilización de cada sistema.

DN	Uniones mediante accesorios mecánicos	Uniones por electrofusión	Uniones mediante bridas	Uniones por soldadura a tope
16				
20				
25				
32				
40				
50				
63				
75				
90				
110				
125				
140				
160				
180				
200				
225				
250				
280				
315				
355				
400				
450				
500				
560				
630				
710				
800				
900				
1.000				
1.200				
1.400				
1.600				
Usos habituales	Conducciones de agua y gas de diámetro pequeño y bajas presiones Acometidas domiciliarias	Conducciones de agua y gas de diámetro medio y cualquier presión Los tubos a unir pueden ser de PE 80 ó PE 100 y de distinto espesor	Conducciones de agua y gas de diámetro medio y grande y cualquier presión Uniones especiales (con válvulas, tuberías de otros)	Conducciones de agua y gas de diámetro medio y grande y cualquier presión Los tubos a unir pueden ser de PE 80 ó PE 100, pero

		<i>Reparaciones</i>	<i>materiales, etc)</i>	<i>siempre del mismo material y espesor</i> <i>Emisarios submarinos</i>
--	--	---------------------	-------------------------	--

Fig. 13. Sistemas de unión habituales en los tubos de PE

- a) Soldadura por electrofusión. Es una técnica que se emplea para unir unos accesorios específicos (conocidos como electrosoldables) a conducciones de PE, basada en hacer pasar una corriente de baja tensión (40 V) por las espiras metálicas que tienen los accesorios a unir, originando un calentamiento por efecto Joule que provoca la soldadura del accesorio con los tubos contiguos. Se utiliza en la gama de diámetros de 16 a 630 mm.
- b) Soldadura a tope es una técnica que se emplea para unir tubos y accesorios de PE 80 y PE 100 entre sí. Se emplea en tubos de espesor de pared superior a 3 mm y en diámetros que van desde 90 mm hasta grandes conducciones (1.600 mm ó mas), siendo casi la única opción en la práctica para unir conducciones de diámetro superior a 800 mm.

De manera resumida, consiste en calentar los extremos de los tubos a unir con una placa calefactora que está a una temperatura de $210 \pm 10^{\circ}\text{C}$ y aplicar, a continuación, una determinada presión cuyo valor está normalizado. En la figura adjunta se representa el ciclo normal de presiones y tiempos a que hay que someter a una conducción de PE para soldarla a tope.

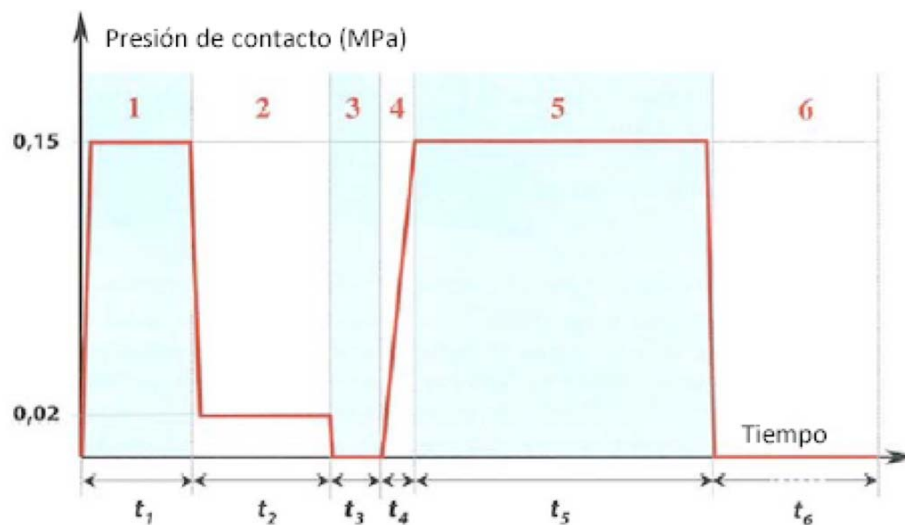


Fig. 14. Ciclo de soldadura a tope en conducciones de PE

- c) Unión mediante accesorios mecánicos. Este sistema de unión consiste en emplear unos accesorios mecánicos (habitualmente roscados) que permiten la conexión entre dos tubos o entre un tubo y un accesorio. Es de aplicación únicamente en tubos de diámetro pequeño (menores de 110 mm habitualmente).

Los accesorios mecánicos pueden ser metálicos o de plástico. Los metálicos solo deben emplearse si el agua transportada y el terreno atravesado no son agresivos. Los de plástico, por el contrario, tienen la ventaja de su gran resistencia a los ataques químicos. Este sistema de unión presenta, básicamente, las tres grandes ventajas siguientes:

- Se pueden unir tubos de PE con otros de materiales diferentes

- Son muy adecuados para conexiones en sitios de difícil acceso
 - Permiten el desmontaje de la unión durante el servicio de la tubería
- d) Unión mediante bridas. Las uniones mediante bridas en los tubos de PE se emplean sobre todo cuando la unión se esté realizando contra una conducción de otro material o en instalaciones especiales (cámaras de válvulas, estaciones de bombeo, etc). Se emplean en toda la gama de diámetros, desde valores pequeños hasta grandes conducciones de 1.600 mm.



Fig. 15. Uniones por electrofusión y por soldadura a tope en tubos de PE

6 Tubos de PRFV

6.1 Aplicaciones y normativa

Los tubos de PRFV, a diferencia de las demás tipologías tratadas en el presente Manual son del tipo heterogéneo, estando compuesta su pared por la agregación de diferentes materiales: resina de poliéster, fibras de vidrio y arena o sílice.

Los tubos de PRFV son susceptibles de ser utilizados en una gran cantidad de aplicaciones para el transporte de agua en el ámbito de la obra civil, básicamente las siguientes:

- abastecimiento de agua potable
- saneamiento (por gravedad o bajo presión hidráulica interior)
- regadío
- reutilización de aguas residuales
- aplicaciones industriales
- aprovechamientos hidroeléctricos
- instalación de conducciones sin apertura de zanja (hincas)

Incluso, aparte de las anteriores aplicaciones convencionales, los tubos de PRFV de gran diámetro pueden emplearse hoy en día para construir con ellos depósitos o tanques de tormenta en las redes de saneamiento y drenaje urbano.

La normativa básica para las anteriores aplicaciones son las siguientes normas:

- UNE EN 1.796. “Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP)”
- UNE EN 14.364. “Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Plásticos termoendurecibles reforzados con vidrio (PRFV) a base de resina de poliéster insaturado (UP). Especificaciones para tuberías, accesorios y uniones.”



Fig. 16. Tanque de tormenta construido con conducciones de PRFV de gran diámetro

6.2 Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PRFV conforme la normativa anterior para aplicaciones por gravedad son los dos siguientes: diámetro nominal DN y rigidez nominal SN. En aplicaciones bajo presión hidráulica interior, a los dos anteriores parámetros hay que añadir la presión nominal PN.

Los valores normalizados para SN y PN son los que se indican en la tabla adjunta. La serie de diámetros nominales normalizados se especifica en el apartado 6.4.

Los tubos de PN 1 no se deben utilizar más que en aplicaciones cuyo funcionamiento hidráulico sea por gravedad.

Tabla 19 Rigidez Nominales SN y Presiones Nominales PN normalizadas en los tubos de PRFV

SN	500 – 630 – 1.000- 1.250 - 2.000 – 2.500 – 4.000 – 5.000 – 8.000 – 10.000
PN	1 – 2,5 - 4 – 6 -10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 32



Fig. 17. Tubería de PRFV DN 2.000

6.3 Características técnicas

Las características físicas de los tubos de PRFV a corto plazo deben ser, como mínimo, las indicadas en la tabla adjunta. El valor de la resistencia a tracción de la parte estructural del tubo depende del sistema de fabricación y aplicación, si bien suele oscilar entre 50 y 150 N/mm².

Tabla 20 Tubos de PRFV. Características físicas a corto plazo (UNE-EN 1796)

		Valor
Característica	Densidad	> 1,80 kg/dm ³
	Contenido en fibra de vidrio	> 10% en peso > 80% del valor correspondiente a la resina utilizada
	Dureza Barcol	Incremento de dureza inferior al 15% del valor inicial

6.4 Dimensiones

En la tabla adjunta se resumen las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV según normas UNE. En ocasiones, mediante pedido especial, es posible construir estos tubos en diámetros mayores (incluso hasta 4.000 mm). Incluso en las normas UNE se prevén como diámetros nominales no convencionales los valores de 225, 375, 750, 1.100, 1.300, 1.500, 1.700, 1.900, 2.100, 2.300, 2.500, 2.700 ó 2.900 mm.

Respecto al concepto de diámetro nominal DN, es preciso significar que en los tubos de PRFV la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID), si bien estos tubos presentan la singularidad de poder ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B.

Supuesto fijo un valor del DN, en la primera serie (la A) los aumentos de espesor se obtienen por variación del OD (el ID es fijo), mientras que en la segunda serie (la B) ocurre al contrario: el OD es fijo y varía el ID al aumentar o disminuir el espesor, pero en ambas la designación genérica DN se refiere al interior (en la serie B, *aproximadamente* al interior).

Para la serie B, además, existen cuatro subseries: B1, B2, B3 y B4. La primera es una serie genérica para tubos de PRFV, mientras que las series B2, B3 y B4 tienen unas dimensiones tales que los tubos fabricados bajo dichas series sean compatibles, respectivamente, con accesorios de fundición (según ISO 2.531), de PVC (según ISO 161-1) o de acero (según ISO 4.200).

En cuanto a las longitudes, si bien los valores normalizados son los indicados en la tabla adjunta, usualmente estos tubos suelen ser de 6 ó 12 metros de longitud. No obstante, pueden fabricarse tubos en otras longitudes de las normalizadas, especialmente cuando el proceso de fabricación sea en continuo.

Respecto a los espesores de los tubos de PRFV, y a diferencia del resto de tubos de materiales plásticos, sus valores no están normalizados en las correspondientes normas UNE, ya que debe tenerse en cuenta que en estos tubos el espesor depende de muchas variables (de la SN, de la PN, de la serie de diámetros y sobre todo del proceso de fabricación seguido), pudiendo variar hasta un +/- 30% entre los valores máximo y mínimo, por lo que debe ser el respectivo fabricante quién los declare en cada caso particular.

Tabla 21 Dimensiones de los tubos de PRFV (UNE EN 1.796 y UNE EN 14.364)

DN	Diámetros (mm)											Longitudes (m)
	Serie A			Serie B1		Serie B2		Serie B3		Serie B4		
	ID _{min}	ID _{max}	Tol	OD	Toler.	OD	Toler.	OD	Tol.	OD	Toleranc.	
100	97	103	1,5			115,0	+1	110	+0,4	114,3	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
125	122	128	1,5			141,0	+1	125	+0,4	139,7	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
110	107	113	1,5									3-5-6-10-12-18
125	122	128	1,5									3-5-6-10-12-18
150	147	153	1,5			167,0	+1	160	+0,5	168,3	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
200	196	204	1,5			220,0	+1	200	+0,6	219,1	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
225	221	229	1,5					225	+0,7			3-5-6-10-12-18
250	246	255	1,8			271,8	+1/-0,2	250	+0,8	273,0	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
300	296	306	2,1	310	+1/-1,0	323,8	+1/-0,3	315	+1,0	323,9	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
350	346	357	2,4	361	+1/-1,2	375,7	+1/-0,3	355	+1,1			3-5-6-10-12-18
400	396	408	2,7	412	+1/-1,4	426,6	+1/-0,3	400	+1,3			3-5-6-10-12-18
450	446	459	3,0	463	+1/-1,6	477,6	+1/-0,4	450	+1,5			3-5-6-10-12-18
500	496	510	3,6	514	+1/-1,8	529,5	+1/-0,4	500	+1,5			3-5-6-10-12-18
600	595	612	4,2	616	+1/-2,0	632,5	+1/-0,5	630	+1,9			3-5-6-10-12-18
700	695	714	4,2	718	+1/-2,2							3-5-6-10-12-18
800	795	816	4,2	820	+1/-2,4							3-5-6-10-12-18
900	895	918	5,0	924	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.000	995	1.020	5,0	1.026	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.200	1.195	1.220	5,0	1.229	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.400	1.395	1.420	5,0	1.434	+1/-2,8							3-5-6-10-12-18
1.600	1.595	1.620	5,0	1.638	+1/-2,8							3-5-6-10-12-18
1.800	1.795	1.820	5,0	1.842	+1/-3,0							3-5-6-10-12-18
2.000	1.995	2.020	5,0	2.046	+1/-3,0							3-5-6-10-12-18
2.200	2.195	2.220	5,0	2.250	+1/-3,2							3-5-6-10-12-18
2.400	2.395	2.420	6,0	2.453	+1/-3,4							3-5-6-10-12-18
2.600	2.595	2.620	6,0	2.658	+1/-3,6							3-5-6-10-12-18
2.800	2.795	2.820	6,0	2.861	+1/-3,8							3-5-6-10-12-18
3.000	2.995	3.020	6,0	3.066	+1/-4,0							3-5-6-10-12-18

6.5 Accesorios

En PRFV hay disponible todo el rango de piezas especiales necesarias, básicamente de la siguiente tipología: codos, derivaciones, conos (reductores), acometidas (entronques) y tubos cortos (bridas). El detalle de las dimensiones figura en las normas UNE-EN 14.364, UNE-EN 1.796, UNE-EN 1.115 (partes 1 a 3), UNE 53.314 y UNE-EN 1.636-3

Para los sistemas de saneamiento existen también pozos de registro de PRFV, si bien no están normalizadas sus dimensiones.



Fig. 18. Accesorios en PRFV

6.6 Sistemas de unión

Los tubos y las piezas especiales de PRFV pueden estar provistos con diferentes tipos de uniones, siendo las más habituales las siguientes:

a) Uniones rígidas

- Con bridas (fijas o móviles)
- Encoladas (o pegadas)
- Químicas a tope (o laminadas)

b) Uniones flexibles

- Con enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (en ocasiones es un doble anillo)
- Con manguitos y elemento de estanquidad (también doble anillo)
- Autotrabada, cuando se prevean esfuerzos de tracción

Cada proyecto en particular debe especificar los tipos de uniones que sean de aplicación. Caso de no hacerlo se suelen utilizar, en general, uniones flexibles, bien con enchufe y campana o bien mediante manguito.

Las uniones con manguito tienen la ventaja de una mejor adaptabilidad de los tubos al trazado exacto de la conducción y a la conexión con las piezas especiales y los pozos de registro. Por el contrario, suponen un punto de mayor rigidez y una discontinuidad en la conducción.

Las uniones flexibles pueden ir equipadas con una válvula de prueba que permite comprobar la estanquidad de la unión antes de realizar las pruebas de la tubería instalada.



Fig. 19. Sistemas de unión en tuberías de PRFV

7 Tubos de pared estructurada (PVC-U, PE, PP)

7.1 Aplicaciones y normativa

Los tubos de materiales plásticos de pared estructurada (bien sean de PVC-U, de PE o de PP) se utilizan en redes de saneamiento o drenaje en lámina libre enterradas, no siendo posible su empleo en aplicaciones bajo presión hidráulica interior.

Estos tubos pueden ser de los dos siguientes tipos (ver esquema adjunto):

- c) Tipo A. Aquellos cuyas superficies interna y externa son lisas
 - Tipo A1. Las superficies interna y externa están unidas bien por nervios internos longitudinales (*tubos alveolares*) o bien mediante algún material termoplástico, espumado o no (*tubos multicapa*)
 - Tipo A2. Las superficies interna y externa son lisas y la pared interior y exterior están unidas espiral o radialmente formando costillas
- d) Tipo B. Aquellos cuya superficies interna y externa son lisas

La normativa básica de esta tipología de tuberías la constituye la norma UNE EN 13.476 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento enterrado sin presión. Sistemas de canalización de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE)”, la cual consta de las siguientes partes:

- Parte 1: Requisitos generales y características de funcionamiento.
- Parte 2: Especificaciones para tubos y accesorios con superficie interna y externa lisa y el sistema, de Tipo A
- Parte 3: Especificaciones para tubos y accesorios con superficie interna lisa y superficie externa corrugada y el sistema, de Tipo B

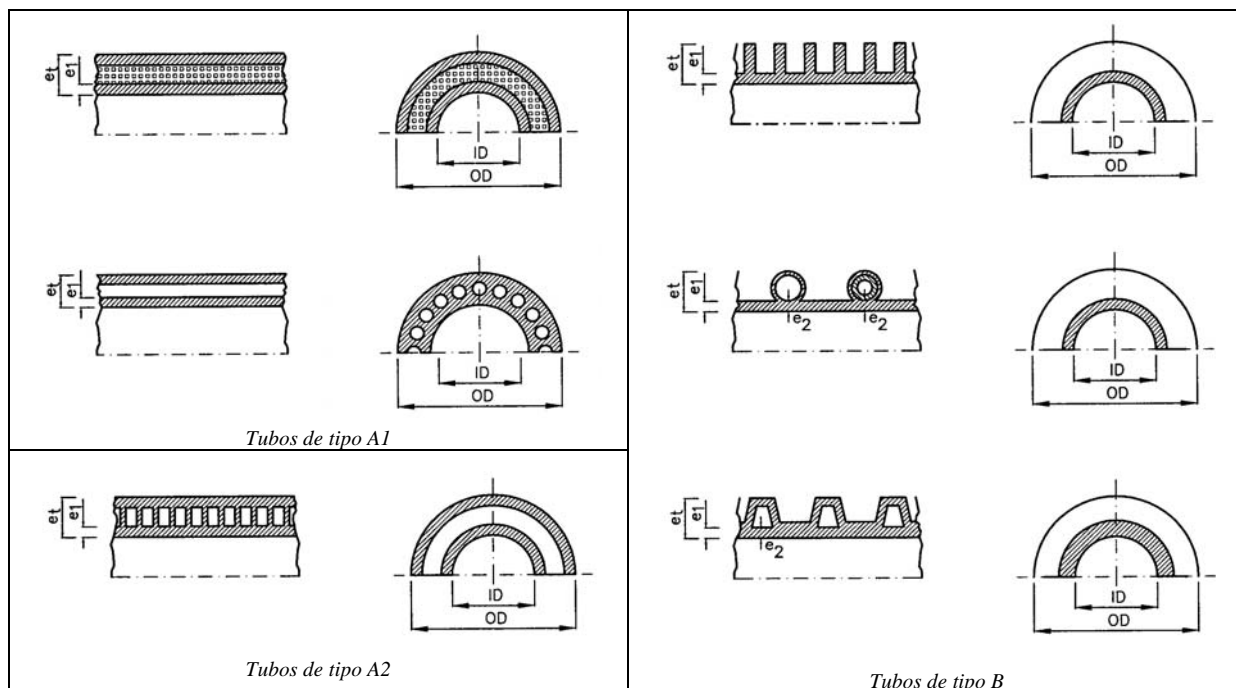


Fig. 20. Ejemplos de tubos termoplásticos de pared estructurada

7.2 Clasificación

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada se clasifican por el diámetro nominal, DN y la rigidez nominal SN.

Las series normalizadas de DN son las indicadas en el apartado 7.4, mientras que los valores normalizados de SN para estos tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada son los siguientes (UNE EN 13.476-1), si bien son posibles otros valores diferentes:

DN < 500	SN 4; SN 8; SN 16
DN > 500	SN 2; SN 4; SN 8; SN 16

7.3 Características técnicas

Las características técnicas de los tubos de materiales termoplásticos con pared estructurada serán las específicas del material constitutivo de cada caso en particular (PVC-U, PE ó PP; ver los respectivos apartados del presente Manual), resumiéndose en la tabla adjunta las más importantes.

Tabla 22 Características técnicas de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

	PVC-U	PP	PE
Módulo de Elasticidad, E (MPa)	> 3.200	> 1.250	> 800
Densidad media (kg/m ³)	1.400	900	940
Coefficiente medio de dilatación térmica lineal (K ⁻¹)	8 x 10 ⁻⁵	14 x 10 ⁻⁵	17 x 10 ⁻⁵

Conductividad térmica ($WK^{-1}m^{-1}$)	0,16	0,20	0,36 a 0,50
Resistencia de superficie (ohmios)	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$
Coefficiente de Poisson	0,40	0,42	0,45

7.4 Dimensiones

En la tabla adjunta se resumen las principales dimensiones de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada, según el diámetro nominal DN se refiera al interior o al exterior (aunque ya se ha indicado, se recuerda que en los tubos de tipo A1, la designación genérica DN se refiere siempre al exterior, mientras que en las restantes tipologías puede referirse bien al interior o al exterior).

Las longitudes de estos tubos no están normalizadas, si bien un valor usual para la misma suele ser 6 m, excluyendo la embocadura de la unión.

Respecto a los espesores de los tubos, habida cuenta de la gran cantidad posible de diseños para estos tubos, únicamente están normalizados los valores mínimos de los mismos. El espesor total del tubo (e_t en la Fig. 2) no deberá ser inferior a los de un tubo de pared compacta de las series S 20, S 12,5 ó S 16, según el tubo sea de PVC-U, PE o PP, respectivamente.

En cualquier caso, en UNE EN 13.476-1 se admite la posibilidad de utilizar otros valores de los diámetros o de los espesores.

Tabla 23 Dimensiones de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada, según el diámetro nominal DN se refiera al interior (derecha) o al exterior (izquierda)

Diámetro (mm)				Espesor mínimo (mm)				Diámetro (mm)		Espesor mínimo (Series A2 y B; mm)	
DN/OD	ID _{min}		OD _{max}	Serie A1		Series A2 y B		DN/ID	ID _{min}	e ₁	e ₂
	PVC-U	PP/PE	Tol.nor	e ₁ (esp)	e ₁ (alv)	e ₁	e ₂				
110	97	90	111,0	0,4	0,6	1,0	1,0	100	95	1,0	1,0
125	107	105	126,2	0,4	0,6	1,1	1,0	125	120	1,2	1,0
160	135	134	161,5	0,5	0,8	1,2	1,0	150	145	1,3	1,0
200	172	167	201,8	0,6	1,0	1,4	1,1	200	195	1,5	1,1
250	216	209	252,3	0,7	1,1	1,7	1,4	225	220	1,7	1,4
315	270	263	317,9	0,8	1,2	1,9	1,6	250	245	1,8	1,5
400	340	335	403,6	1,0	1,5	2,3	2,0	300	294	2,0	1,7
500	432	418	504,5	1,3	2,1	2,8	2,8	400	392	2,5	2,3
630	540	527	635,7	1,6	2,6	3,3	3,3	500	490	3,0	3,0
800	680	669	807,2	2,0	3,0	4,1	4,1	600	588	3,5	3,5
1.000	864	837	1.009,0	2,5	4,5	5,0	5,0	800	785	4,5	4,5
1.200	1.037	1.005	1.210,0	2,8	4,7	5,0	5,0	1.000	985	5,0	5,0
								1.200	1.185	5,0	5,0

7.5 Accesorios

Para conducciones de materiales plásticos de pared estructurada hay una amplia gama de accesorios normalizados, como los mostrados a título de ejemplo en la figura adjunta. Para el detalle de las dimensiones de los mismos, consultar los Manuales Técnicos de AseTUB Tuberías de Polietileno (para tubos de PE o PP) o de Tuberías de PVC (para los de PVC-U).

Las dimensiones normalizadas de las piezas especiales fabricadas en este material figuran detalladas también en la norma UNE-EN 13.476-1.



Fig. 21. Ejemplos de accesorios estructurados

Otros elementos de las redes de saneamiento sin presión son los pozos de inspección y arquetas de registro.



Fig. 22. Ejemplos de arquetas y pozos plásticos

7.6 Sistemas de unión

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada suelen ir provistos habitualmente con uniones flexibles con anillo elastomérico, el cual admite ser colocado bien en el enchufe o bien en el extremo liso.

8 Ventajas de las tuberías plásticas

8.1 Ventajas técnicas

Las ventajas de los materiales plásticos en comparación con los materiales tradicionales son muchas. Entre todas ellas, podemos distinguir las siguientes:

Resistencia a la corrosión

Debido a que los materiales plásticos no presentan corrosión, no es necesario ningún tipo de tratamiento interno ni recubrimiento, como puede ocurrir en tubos de fundición.

Asimismo, soportan perfectamente la acción de terrenos agresivos, consiguiendo conducciones seguras y fiables a lo largo de su vida útil. Los tubos de PVC, PE, PP y PRFV están diseñados para una vida superior a 50 años.

Flexibilidad

Su flexibilidad le permite su perfecta adaptación al terreno absorbiendo pequeños asentamientos diferenciales.

La deformación de un tubo flexible es controlada por el asentamiento del suelo. Después del asentamiento, las cargas de tráfico o del terreno no afectan a la deformación del tubo. Cuando un tubo es más rígido que el suelo, las cargas por tráfico o de otro tipo, las ha de resistir el propio tubo.

Esta flexibilidad y capacidad de adaptación determina la importancia que tiene la instalación en el comportamiento final de la red. Por ello, y como garantía de una correcta instalación, siempre se recomienda que el trabajo sea realizado por especialistas en instalación de tuberías plásticas, como los profesionales cualificados con el carné de instalador AseTUB.

Resistencia a los agentes químicos

Las tuberías plásticas son resistentes a álcalis, alcoholes, detergentes, lejías y en general a la mayoría de los agentes químicos de uso general (ver UNE 53389 IN).

Ligereza

Las tuberías plásticas tienen una densidad muy inferior a las tuberías de materiales tradicionales. El transporte y acarreo en obra es más fácil y la operación de montaje se simplifica especialmente para diámetros inferiores a 1000 mm, para los que no es necesario el empleo de medios auxiliares como grúas, camiones pluma,...

La siguiente tabla presenta la densidad típica de algunos materiales usados en la fabricación de tuberías:

Tabla 24: Densidad de algunos materiales

	Densidad	Unidades
PP	0,90	g/cm ³
PE	0,95	
PVC	1,40	
Poliéster	1,95	
Hormigón	2,3	
Fundición	7,05	
Acero	7,85	



Menor pérdida de carga

La superficie interior sumamente lisa de las tuberías plásticas (menor rugosidad interna) junto con la ausencia de incrustaciones en estos material permiten una reducción de las pérdidas de carga, y por lo tanto, a igualdad de diámetro interior, un mayor caudal transportable con la misma energía.

Es de destacar, además, que debido a su menor adherencia, permiten que la sección hidráulica útil del tubo se mantenga constante durante toda su vida útil.

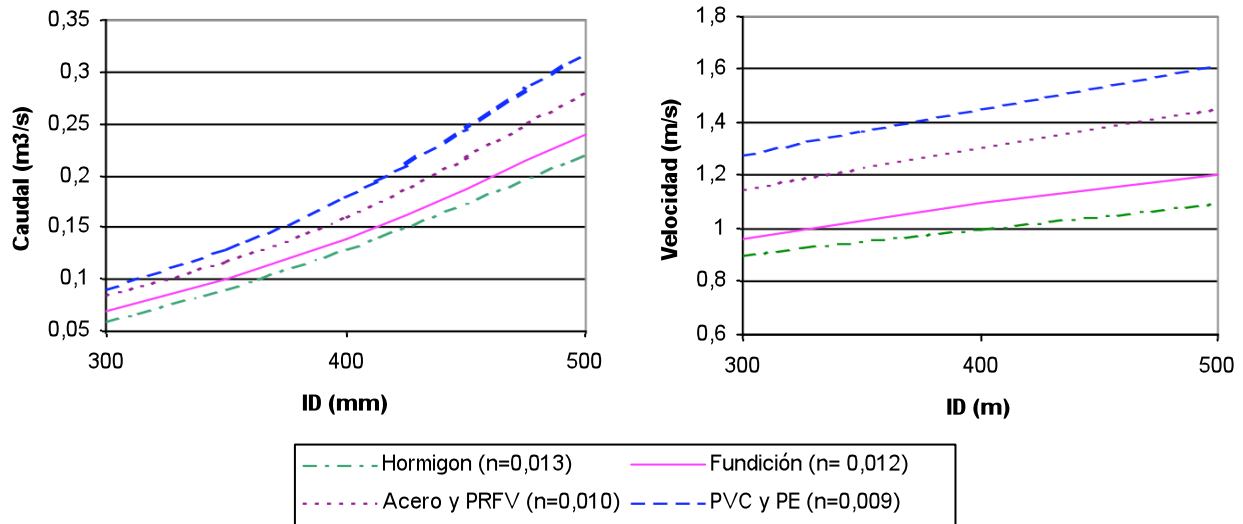


Fig. 23. Efectos de la pérdida de carga*

* Datos extraídos de la Guía Técnica sobre Tuberías para el Transporte de Agua a Presión - CEDEX

La lisura interna de las tuberías plásticas se ha destacado como una de las ventajas en su utilización. Su bajo coeficiente de rugosidad absoluta produce unas pérdidas de carga unitaria de los fluidos que circulan por ellas muy inferiores a las producidas en otros materiales tradicionales de rugosidad mayor.

Durante la circulación del agua (u otro fluido) se producen rozamientos entre las partículas de ésta y las paredes interiores de la tubería.

El rozamiento definido por su coeficiente λ , depende de la rugosidad interior de la tubería. La rugosidad absoluta K es la máxima de las asperezas de su superficie interior. La rugosidad relativa K/D es la relación entre rugosidad absoluta y diámetro del tubo.

Adjuntamos una tabla comparativa de los valores de rugosidad absoluta para distintos tipos de tuberías:

Tabla 25: Rugosidad absoluta de algunos materiales

PVC, PE, PP	0,007
PRFV	0,015
Acero	0,09
Fundición	0,15
Hormigón centrifugado	0,25
Hormigón moldeado	0,40
Hormigón en tubería	1,25

Menor efecto de golpe de ariete

En los tubos de materiales plásticos la celeridad de onda (a) y en consecuencia los efectos del golpe de ariete, son del orden de 2 ó 3 veces menores que en los restantes materiales, según se indica en la tabla siguiente para diferentes tipos de tubos de DN 500mm.

Tabla 26: Valores de celeridad de algunos materiales

Material	Espesor (mm)	a (m/s)
Fundición	9	1100
Acero	5	1011
Hormigón	40	1044
PVC-U	24	363
PE	24	214
PE	24	214
PRFV	7	492

Inocuidad

Las tuberías plásticas son inocuas, no transmitiendo al agua ningún olor, color o sabor.

Su empleo para conducción de agua potable está autorizado por todas las administraciones públicas y demás organismos sanitarios competentes.

Insensibles a corrientes galvánicas

Los materiales plásticos son aislantes eléctricos, por lo tanto no se ven afectados por las corrientes telúricas, ni por la acción galvánica presentes en determinados tipos de terreno y que pueden afectar gravemente a los materiales metálicos.

Explotación de la red fácil y económica

Las redes de tuberías plásticas instaladas son de fácil mantenimiento y reparación, debido a la gran gama de accesorios existentes y a su simplicidad de manipulación, permitiendo realizar operaciones como cortar, taladrar y empalmar de una forma rápida y segura.

En la explotación, mantienen sus características hidráulicas prácticamente iguales en toda su vida útil, superior a 50 años, sin pérdidas significativas de capacidad de transporte, debido a su baja rugosidad y a la ausencia de incrustaciones en sus paredes.

Las acometidas y ampliaciones se realizan rápidamente, con la tubería en carga, por medio de accesorios que se instalan de manera fácil y segura.

Resistencia a la abrasión

Si se determina la abrasión por rozamiento en seco contra un material granular, por el procedimiento de rueda abrasiva (según DIN 53754) los materiales plásticos muestran un buen comportamiento a la abrasión.

En conducciones para el transporte de aguas residuales con sólidos en suspensión debe tenerse en cuenta la velocidad de circulación de afluente de manera que la velocidad mínima permita una evacuación sin decantación de sólidos y la máxima no provoque un desgaste excesivo de las paredes de la tubería. Las velocidades normalmente utilizadas en el cálculo están comprendidas para régimen permanente, entre 0,5 y 3 m/s, pudiéndose alcanzar puntualmente velocidades hasta 6 m/s.

El siguiente gráfico se ha obtenido sobre un gran número de valores comparativos utilizando el método desarrollado por el Instituto Técnico de DARMSTADT que estudió el fenómeno de la abrasión sobre los materiales comúnmente utilizados en conducciones para saneamiento.

El método utilizado por el mencionado Instituto consiste en una probeta de tubería de un metro de longitud y D_n 300 mm que se inclina hacia la derecha y hacia la izquierda con un movimiento de rotación lento con una frecuencia de 0,18 ciclos por segundo.

La velocidad de circulación es de 0,36 m/s. El fluido utilizado es una mezcla de arena, grava, agua conteniendo aproximadamente un 46% en volumen de arena de 0 a 30 mm.

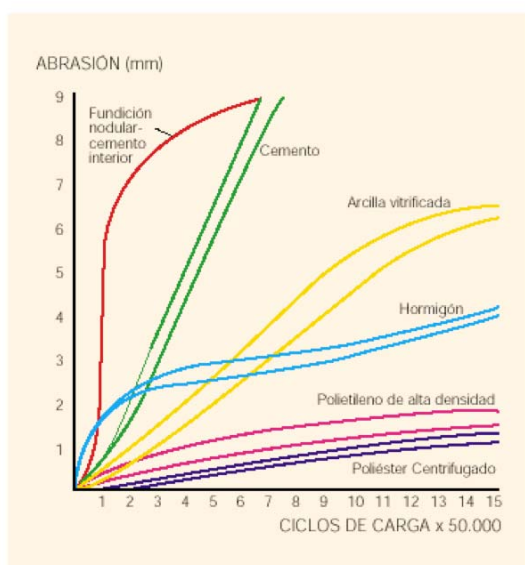


Fig. 24. Resistencia a la abrasión de algunos materiales

Las partículas abrasivas son reemplazadas cada 100.000 ciclos. La reducción del espesor de la muestra constituye el valor de la abrasión. En el gráfico puede apreciarse que la resistencia a la abrasión de los materiales plásticos es muy superior a la de los materiales convencionales como el amianto-cemento o el hormigón vibrado y centrifugado.

8.2 Ventajas económicas y medioambientales

Los modernos procedimientos de fabricación consiguen que el tubo plástico sea muy competitivo en el mercado.

Las redes realizadas con tuberías plásticas son más competitivas que las de material tradicional, al presentar entre otras las siguientes ventajas:

- Mejor transporte, sobre todo en zonas de difícil acceso
- Manipulación más sencilla
- Menor coste de mano de obra
- Ausencia de medios auxiliares en algunos diámetros (grúas, etc)
- Coste de explotación más bajo, por su menor mantenimiento, y mejor comportamiento hidráulico.
- Menores pérdidas por su mejor estanquidad.

Ahorro energético

El ahorro energético de fabricación de los tubos plásticos es superior a los de materiales tradicionales. Un tubo plástico requiere menos energía para ser fabricado que otro tipo de tubería, incluyendo en esta consideración la extracción, importación de crudos de petróleo y subsiguiente refinado para la obtención de la materia prima, contribuyendo al ahorro energético, en magnitudes importantes.

Los kilos equivalentes de petróleo utilizados para la fabricación de 100 metros de tubería de 110 mm de diámetro son:

Fundición:	1970 Kg Equivalente de petróleo
Policloruro de vinilo (PVC):	154 Kg Equivalente de petróleo

Este ahorro se extiende todavía más allá, en el posterior empleo del tubo, gracias a su ligereza, $1,4 \text{ g/cm}^3$ (transporte, colocación, etc.) a la vista de la siguiente comparación que ilustra esta ventaja en relación a tubos de materiales tradicionales, basadas en normas industriales relativas a tubos de DN110mm, de 6 m de longitud incluida la copa de unión.

Tabla 27: Pesos de tubos de distintos materiales

<i>Material</i>	<i>Peso en Kg</i>	<i>%</i>
PVC-U	34,2	100
Fundición	148	432,7
Fundición-cemento	198	578,9

Según un estudio del organismo austriaco GUA, que analiza el consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero de plásticos y materiales alternativos en distintas aplicaciones, el ahorro de energía de la tubería plástica en todo su ciclo de vida con respecto a la de materiales tradicionales es de un 32%. Tratándose de tubería plástica para gas, el ahorro alcanza el 70% y en el caso de tuberías para saneamiento el 14%. Las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen en un 61% de media para todas las aplicaciones cuando las tuberías son plásticas.

Reciclabilidad

La fabricación de tuberías plásticas no genera ningún tipo de residuo. Además, se realiza un reprocesado interno de los recortes de fabricación, que vuelven a utilizarse en el proceso.

Los residuos post-consumo de tuberías plásticas constituyen un pequeño porcentaje del total de residuos de productos plásticos debido a que su ciclo de vida es de más de 50 años en muchas de sus aplicaciones y a que comenzaron a instalarse en España en la década de 1970.

Gracias a la reciclabilidad de los materiales plásticos, estos residuos pueden recuperarse, transformándose en nuevos productos y ofreciendo una nueva vida al material (p.ej.: filmes rígidos, bolsas, mobiliario urbano, señalización vial,...).

Del volumen total de plásticos reciclados en España, más del 40% se destina a la fabricación de productos de construcción, entre ellos las tuberías (casi un 25%). Muchos residuos de tuberías plásticas se emplean en la fabricación de nuevas tuberías de evacuación, riego, canalización eléctrica...

La forma más habitual de reciclado de las tuberías plásticas es el reciclado mecánico que consiste en un proceso de recogida, selección, limpieza y granceado.

También existe el reciclado químico, poco utilizado en España y no aplicado a las tuberías, que consiste en un proceso de descomposición de las moléculas de los polímeros en materias primas, y que no requiere una previa selección y limpieza de los plásticos.

Además, es posible aprovechar el gran potencial de los residuos como fuente de energía, debido a su alto poder calorífico (similar al fuel-oil y al gas natural y superior al carbón), contribuyendo así de forma relevante al ahorro energético y a la sostenibilidad.

La vida útil de los tubos plásticos es cómo mínimo de 50 años, teniendo aún al final de este ciclo un coeficiente de seguridad, por lo que su duración real es mucho mayor. Para este periodo de tiempo tan largo, las colectividades y organismos públicos deben considerar la gestión de sus redes de agua, teniendo en cuenta:

- Los costes de inversión y renovación de las infraestructuras
- Los costes de mantenimiento y reparación
- Los costes de consumo eléctrico, en los bombeos, durante toda su vida
- Las pérdidas de agua debidas a una falta de estanquidad

Las razones económicas y medioambientales más importantes para usar tuberías plásticas son:

- Ahorro en la manipulación y en el montaje de la instalación. Su flexibilidad y ligereza permiten su instalación con menor repercusión sobre el medio natural. La facilidad de conexión e instalación es una gran ventaja a la hora de realizar extensiones o reparaciones de la red.
- Empleo de un material que conserva sus propiedades, sin incrustaciones y sin problemas sin corrosión, con mínimas pérdidas de carga por rozamiento a lo largo de toda su vida.
- El probado tiempo de vida útil de las tuberías plásticas -hasta 100 años- es un factor medioambiental clave. Esta larga vida implica reducciones en costes de material, mano de obra instalación y mantenimiento, resultando en un considerable ahorro de recursos.
- Ahorro económico por su menor consumo eléctrico y su estanqueidad que evita posibles pérdidas de agua y la contaminación del suelo, además de la infiltración de sustancias, por lo que se mantiene inalterada la calidad el agua transportada.
- Su reciclabilidad. Las tuberías plásticas son reciclables, recuperándose sus residuos y transformándose en nuevos productos. También pueden aprovecharse sus residuos como fuente de energía.

En resumen, las tuberías plásticas garantizan las necesidades presentes y futuras sin detrimento de los recursos naturales y el medio ambiente. Contribuyen al desarrollo sostenible facilitando un suministro de agua suficiente, seguro y eficaz.



Esta Guía ha sido realizada por D. Luis Balairón Pérez, Profesor de la Universidad de Salamanca y Director del Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (Ministerios de Fomento/Medio Ambiente) con la colaboración de las empresas miembros de AseTUB.

