

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN
Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN

TUBOS DE POLIETILENO **RECICLADO**(PE) DE
PAREDESTRUCTURADA E INTERIOR LISA PARA
ALCANTARILLADO.REQUISITOS E INSPECCIÓN.

POLYETHYLENE **RECICLED**(PE) PIPES WITH STRUCTURED WALL AND SMOOTH
INNER SURFACE FOR SEWERAGE.
SPECIFICATIONS AND INSPECTION .
FirstEdition

DESCRIPTORES: Termoplásticos, tubería plástica, drenaje, alcantarillado, pared estructurada,
requisitos.

1. OBJETO.

1.1 Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para tubos de polietileno de alta densidad reciclado de pared estructurada e interior lisa para uso en sistemas a gravedad, como drenaje y alcantarillado.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma es aplicable a tubos de polietileno de alta densidad reciclado de pared estructurada e interior lisa que se utilicen para la conducción de aguas residuales, aguas superficiales y/o aguas negras en sistemas a gravedad.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Tubo estructurado*.- Elemento flexible de conducción con pared estructurada e interior lisa para aumentar su rigidez anular, consiguiendo un peso menor por metro lineal que los tubos de pared maciza.

3.1.1.1 *Tubo tipo A1*.- Tubo de pared que presenta una superficie interior lisa y una superficie exterior perfilada.

3.1.1.2 *Tubo tipo A2*.- Tubo con perfil interior que presenta superficies exterior e interior lisas.

3.1.1.3 *Tubo tipo B*.- Tubo de pared que presenta una superficie interior lisa y una superficie exterior corrugada.

3.1.2 *Diámetro nominal (DN)*.- Promedio del diámetro interno del tubo o accesorio.

3.1.3 *Altura de la estructura (ec)*.- Distancia radial entre el borde exterior del perfil o corrugación, en los tubos tipo A1 o B, o entre la pared exterior, en los tubos tipo A2, y la superficie interior del conducto (Ver figuras 1, 2 y 3).

3.1.4 *Espesor de la pared (e1)*.- Es el espesor de la pared interior en los tres tipos de tubos.

3.1.5 *Espesor de la pared (e2)*.- En los tubos tipo B, es el espesor de la pared exterior en la cresta de la corrugación.

3.1.6 *Espesor de la pared (e3)*.- En los tubos tipo B, es el espesor de la pared en el valle de la corrugación.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Los tubos de polietileno se clasifican de acuerdo con una escala de series de la 1 a la 7, como se indica en la tabla 1. A cada serie corresponde una rigidez anular.

4.2 Rigidez anular

4.2.1 La rigidez anular es un parámetro requerido para el diseño geométrico y especificación de fabricación del tubo y debe determinarse mediante uno de los dos métodos de ensayo descritos en los anexos de esta norma, y que son:

- 1) Método de carga variable ISO 9969, y
- 2) Método de carga constante DIN 16961.

4.2.1.1 Los valores de rigidez anular que deben cumplir los tubos estructurados según uno u otro método se indican en la tabla 1.

TABLA 1. Rigidez anular. Serie del tubo

Serie del tubo						
1	2	3	4	5	6	7
Rigidez anular mínima (kN/m ²) método de ensayo ISO 9969						
0,25	0,5	1	2	3,94	7,88	15,63
Rigidez anular mínima (kN/m ²) método de ensayo DIN 16961						
2	4	8	16	31,5	63	125

4.2.2 La rigidez anular (RA) que se usa en esta norma para clasificar la tubería, está medida de acuerdo a la resistencia a la deformación que presenta la tubería a una carga diametral. La tubería debe resistir esas cargas para una deformación no mayor al 3 % del diámetro nominal.

4.2.3 Para determinar la rigidez anular de tubos estructurados con elementos de refuerzo, debe aplicarse sobre la tubería reforzada uno de los métodos alternativos indicados en 4.2.1.

4.3 Sistemas de unión.

4.3.1 Las uniones entre tubos o entre tubos y accesorios deben realizarse por medio de sellos de caucho o elastómeros, fusión en caliente u otro tipo de acople que ofrezca adecuada hermeticidad.

4.3.2 El diseño del tipo de unión es de responsabilidad del fabricante y debe cumplir con los requisitos aplicables y establecidos en esta norma.

4.3.3 Los tubos deben tener incorporadas una campana y una espiga terminal, y una o dos espigasterminales (Ver figura 4).

4.3.4 Espiga y campana con empaque.- El sellado se consigue con un empaque elastomérico comprimido entre la espiga y la campana del tubo (Ver figura 5a). El diseño geométrico del empaque es de responsabilidad del fabricante. El material y su control de calidad deben cumplir con la norma ASTM F 477.

4.3.5 Espiga y campana con suelda de extrusión.- El sellado se consigue con la suelda de extrusión en los extremos de la espiga y la campana (Ver figura 5b).

4.3.6 Fusión en caliente.- El sellado se consigue uniendo los extremos de la tubería bajo temperatura y presión controladas. Las uniones por fusión en caliente deben estar en concordancia con la norma ASTM D 2657 (Ver figura 5c).

4.3.7 Unión mecánica.- Los tubos que tienen dos espigas terminales se fijan entre sí por medio de una unión mecánica, la cual se asegura utilizando suelda de extrusión, caucho, elastómeros u otro tipo de acople que ofrezca adecuada hermeticidad (Ver figuras 5a y 5b).

4.3.8 Suelda por extrusión.- Se unen los extremos de la tubería que deben ser preparados cortando sus paredes con planos inclinados para recibir la soldadura por extrusión. Uniones permanentemente selladas pueden ser efectuadas soldando por dentro del tubo o por fuera, o por ambos lados. Las uniones con suelda por extrusión deben estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante. (Ver figura 5d).

4.3.9 Otros.- Donde estas condiciones son impracticables o indeseables debido al espacio, disposición u otro requisito, pueden usarse métodos de unión como bridas, conectores integrales encerrados y otros. Los métodos propuestos deben ser evaluados por un ingeniero para su aceptación.

4.3.10 Cualquier sistema de unión o acople no debe variar el diámetro interior medio mínimo del tubo en $\pm 2\%$ del mismo.

5. DISPOSICIONES GENERALES.

5.1 Diseño y condición superficial.- El tubo debe ser esencialmente uniforme en color, opacidad, densidad y otras propiedades. Las superficies interior y exterior deben ser de apariencia mate o semibrillante y estar libres de materiales extraños. Se permiten ligeras líneas y marcas de moldeo (ver Nota 1) que no produzcan variación del diámetro interior en más de 3,2 mm de las obtenidas en partes adyacentes y no afectadas de la superficie y siempre que dicho tubo cumpla todos los requisitos de ensayo establecidos en esta norma. Aparte de los vacíos y huecos asociados con algunos diseños del perfil de la pared, el tubo debe estar

libre de grietas, burbujas, inclusiones extrañas u otros defectos que sean apreciables a simple vista y que puedan afectar la integridad de la pared.

6. REQUISITOS

6.1 Materiales

6.1.1 Material base.- El tubo debe hacerse de un compuesto plástico de polietileno de alta densidad, tal que los tubos, uniones y accesorios fabricados con dicha materia prima, cumplan satisfactoriamente con los requerimientos de esta norma.

La materia prima puede ser obtenida de los residuos plásticos que se producen en el consumo humano o industrial; y debe ser clasificada en forma minuciosa de tal manera que el producto final cumpla con los requisitos técnicos de esta norma, sin perjuicio de las normas ambientales vigentes.

6.1.2 Otros materiales.- Otros materiales diferentes de aquellos especificados como material base pueden usarse como parte de la construcción del perfil, como, por ejemplo, un tubo central para apoyar la forma del perfil durante el proceso, siempre que estos materiales sean compatibles con el material base de PE, estén completamente encapsulados en el producto terminado y de ningún modo comprometan el rendimiento del tubo de PE en el uso propuesto. Los ejemplos de materiales convenientes incluyen polietileno, polipropileno y otros.

6.1.3. La densidad de la resina utilizada debe ser mayor a 0,841 g/cm³ (Alta densidad) y será determinada conforme a la NTE INEN 1742.

NOTA 1.- Los procesos usualmente aplicables para la producción de tubos que cumplan con esta especificación comprenden herramientas o moldes que pueden dejar pequeñas líneas de separación o marcas de rebaba en la superficie del tubo. Estas son típicas de cualquier proceso de moldeo y de ninguna manera afectan el rendimiento del tubo.

FIGURA 1. Tubos de perfil abierto (PA), tipo A1

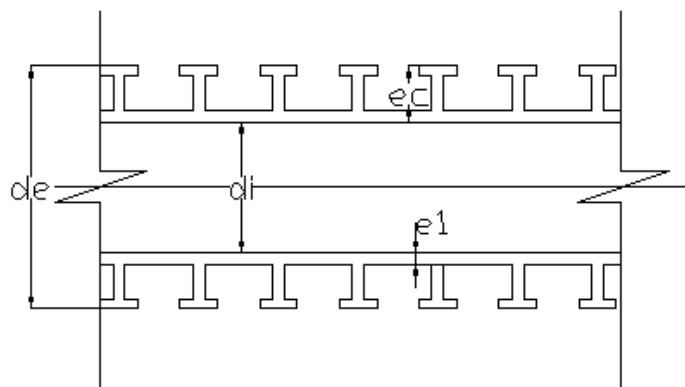


FIGURA 2. Tubos de perfil cerrado (PC), Tipo A2

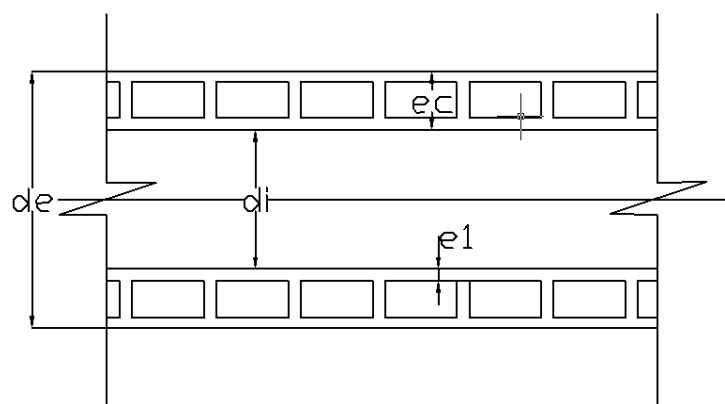


FIGURA 3. Tubos de perfil abierto (PA), Tipo B

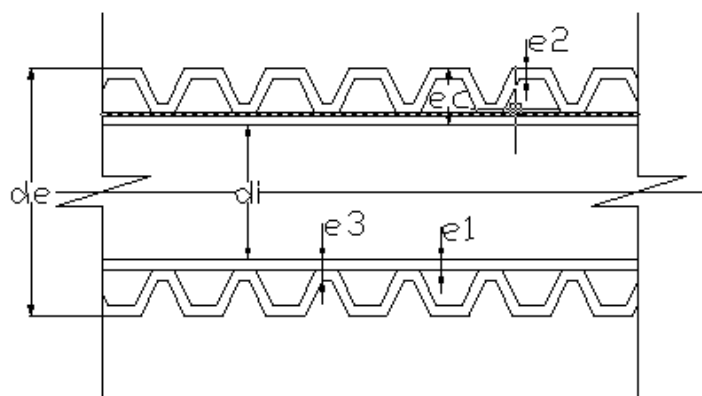
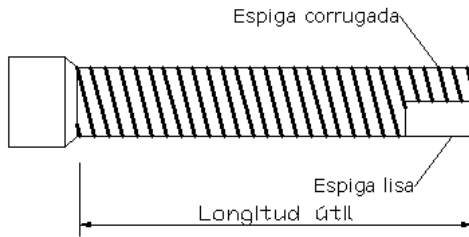


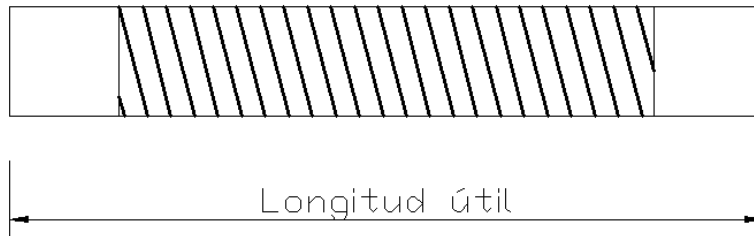
FIGURA 4. Construcción típica de tubería de PE de pared estructurada



Campana y espiga terminal

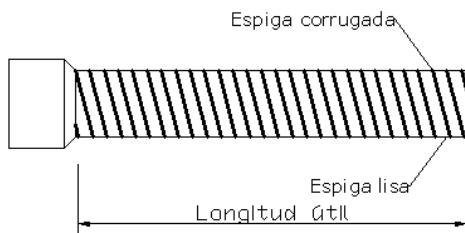


Una espiga terminal

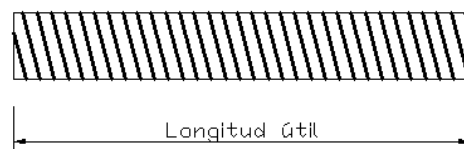


Dos espigas terminales

Perfil cerrado

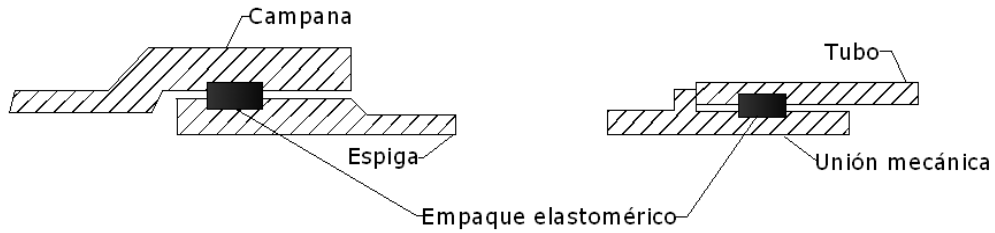


Campana y espiga terminal

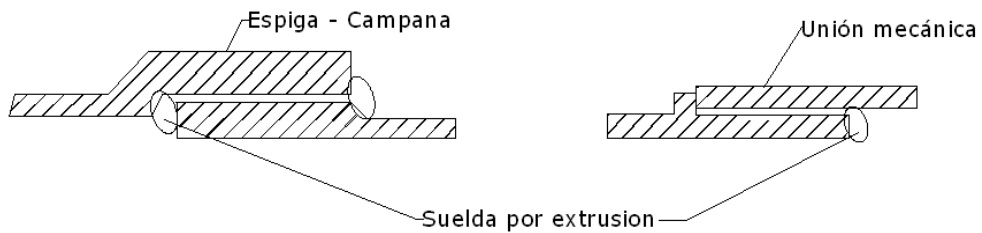


Extremos planos

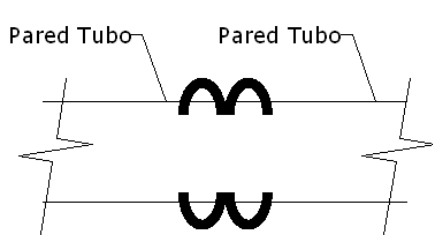
FIGURA 5. Tipos de unión



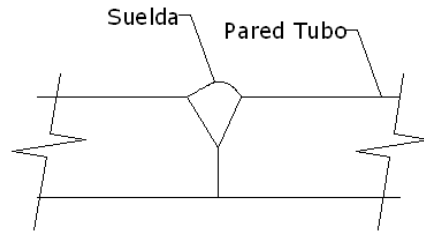
a) Detalle de unión con empaque elastomérico



b) Detalle de unión con solda por extrusión



c) Detalle de unión por fusión



d) Detalle de solda por extrusión

6.1.4 Negro de humo.- El contenido de negro de humo no debe ser menor al 2 % en masa, cuando semida de acuerdo con la NTE INEN 1740.

6.1.4.1 La dispersión del negro de humo se debe determinar de acuerdo con la NTE INEN 1741.

6.1.5 Material de reúso.- Se puede reusar material de PE limpio, generado en la producción del mismo fabricante, siempre que el tubo producido cumpla con todos los requisitos de esta norma. Sólo puede usarse material de reúso compatible con el material base de PE.

6.1.6 Empaques.- Los empaques elastoméricos deben cumplir con los requisitos especificados en la norma ASTM F 477, para baja presión, de acuerdo con las tablas 1 y 2 de dicha norma; deben moldearse en una forma circular o extruirse de acuerdo con la tecnología del fabricante; luego deben empalmarse en forma circular y deben hacerse de un compuesto elastomérico vulcanizado de alta calidad.

6.1.6.1 El polímero básico debe ser de caucho natural, elastómero sintético o una mezcla de ambos.

6.1.6.2 El empaque debe ser diseñado con una fuerza compresiva adecuada, como para efectuar un sellado positivo bajo todas las combinaciones de tolerancias de la unión.

6.1.7 Lubricantes.- El lubricante usado para el ensamble de los empaques no debe tener efecto perjudicial en el empaque o en el tubo.

6.1.8 Material de suelda en caliente.- El material utilizado para suelda en caliente de los tubos debe cumplir los requisitos del material base, según 6.1.1.

6.1.9 Elementos de inserción.- Se pueden usar elementos exteriores con el objeto de aumentar la rigidez anular del tubo. Estos elementos pueden ser de otros materiales, pero deben cumplir con los requisitos especificados en 6.1.2 para otros materiales.

6.2 Requisitos dimensionales.

6.2.1 Diámetro nominal.- El diámetro interno promedio de la tubería, incluido el diámetro en la sección de la espiga, debe cumplir los requisitos de la tabla 2 cuando se mida de acuerdo con lo estipulado en esta norma y en la NTE INEN 499.

6.2.2 Espesor de pared (e).- Los mínimos espesores de las paredes interiores (e1) para el perfil abierto Tipo A1 y perfil cerrado Tipo A2 deben cumplir con los valores señalados en las tablas 3 y 4, respectivamente (Ver figuras 1 y 2), y los mínimos espesores de las paredes interiores, en concordancia con la cresta de corrugación (e1) y en el valle (e3), respectivamente, para los tubos Tipo B (Ver figura 3), deben cumplir con los valores indicados en la tabla 5, cuando se midan de acuerdo con lo requerido en esta norma o en la NTE INEN 499.

6.2.3 Espesor de pared para campanas y espigas.- El mínimo espesor de pared en la campana de la tubería debe cumplir los requisitos especificados en las tablas

3, 4 o 5, cuando se midan de acuerdo con esta norma. El mínimo espesor de pared en la espiga no debe ser menor que el establecido para la pared interna de la tubería (e1).

6.2.4 Longitud.- La longitud estándar de un tubo debe ser la longitud útil, medida desde el final de la campana hasta el final de la espiga (Ver figura 4). Puede ser de 5, 6, 10 o 12 m, cuando se mida de acuerdo con la NTE INEN 499. Otras longitudes pueden acordarse entre el comprador y el fabricante. La tolerancia de la longitud debe ser de + 50 mm.

6.3 Requisitos mecánicos.

6.3.1 Resistencia al impacto.- Los tubos deben tener una resistencia mínima al impacto de acuerdo con lo requerido en esta norma, en 8.4. Cualquier grieta, fisura, rotura o fractura se considerará como falla del espécimen de ensayo.

6.3.2 Rigidez anular.- La rigidez anular (RA), para las secciones de la tubería entre la campana y la espiga, debe cumplir con los valores mínimos de la tabla 1, cuando se ensaye de acuerdo con lo requerido en esta norma, en 8.5.1.

6.3.3 Aplastamiento.- Cuando se hagan los ensayos de acuerdo con esta norma, en 8.6, no deben presentarse evidencias de fisuras, grietas, roturas o desprendimiento de nervaduras o costuras. Los pequeños desprendimientos en los extremos cortados de las nervaduras no constituyen falla.

6.3.4 Adhesión.- En los tubos tipo B se debe ensayar la adhesión entre las paredes interna y externa mediante un probador o punta de cuchillo. De separarse las dos paredes en el valle de la corrugación, no deben generarse superficies lisas. Las muestras deben ser sometidas a ensayos en ocho puntos igualmente distribuidos en torno a la circunferencia.

6.3.5 Elongación hasta la rotura.- El ensayo se realizará de acuerdo con la norma ISO 6259-3 y el resultado no debe ser menor del 350%. La probeta debe extraerse de una placa plana elaborada de un perfil de la tubería.

6.3.6 Resistencia a la rotura por tensión medioambiental.- El ensayo debe realizarse de acuerdo con la norma ASTM D 1693 con la condición de prueba C, duración de la prueba de 192 horas y con una falla máxima del 20% , de acuerdo con lo requerido en la norma ASTM D 3350.

6.4 Hermeticidad de juntas.

6.4.1 Juntas de campana o espiga.- Las juntas con empaque elastomérico o solda térmica, cuando se unen de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, no deben mostrar señales de goteo o fugas, según lo especificado en 8.7.

6.4.2 Juntas por fusión en caliente.- Estas juntas deben probarse de acuerdo con la norma ASTM D 2657.

Técnica II: Fusión en caliente; y no deben mostrar señales de goteo o fugas, cuando se ensayen como se dispone en esta norma, en 8.7.

6.4.3 Juntas con suelda de extrusión.- En las uniones con suelda de extrusión no debe haber goteo o fugas, cuando se ensayen como se dispone en 8.7.

6.4.4 Juntas con uniones mecánicas.- Estas uniones con empaque elastomérico, cuando se usen bajo las recomendaciones del fabricante, deben ser hechas del mismo material base y cumplir con los requisitos de esta norma. No deben mostrar señales de goteo o fugas, cuando se ensayen de acuerdo con lo especificado en 8.7.

6.4.5 Juntas con unión elastomérica.- En las uniones con empaques, todas las superficies de la junta que están en contacto con el empaque deben ser de textura lisa y libre de cualquier imperfección, protuberancia, fracturas o fisuras que puedan perjudicar el sellado de la junta. Los empaques deben cumplir con los requisitos del numeral 6.1.6 de esta norma.

TABLA 2 Diámetros internos mínimos y máximos, tubería de perfil abierto y cerrado Tipos A1, A2 y B

Diámetro nominal DN (mm)	Diámetro interior medio, mínimo (mm)	Diámetro interior medio, máximo (mm)
100	97	105
150	145	155
200	195	206
250	244	256
300	292	309
350	341	360
400	390	412
450	439	462
500	487	510
600	585	612
700	682	724
800	780	816
900	877	918
1000	975	1020
1100	1089	1112
1200	1170	1224
1300	1287	1326
1400	1365	1428
1500	1462	1530
1600	1560	1632
1700	1683	1745
1800	1755	1836
1900	1881	1934
2000	1950	2040
2100	2051	2121
2300	2240	2342
2500	2437	2550
2700	2632	2753
2800	2730	2856
3000	2925	3060
NOTA: Los diámetros internos mínimos y máximos de la tabla son iguales para las clases		

TABLA 3. Espesores mínimos de pared interior e1 en mm de tubos de perfil abierto Tipo A1

Diámetro Nominal DNI (mm)	Serie del tubo						
	1	2	3	4	5	6	7
	Rigidez anular mínima (kN/m ²) “método de ensayo ISO 99692”						
	0,25	0,50	1,00	2,00	3,94	7,88	15,63
	Rigidez anular mínima (kN/m ²) “método de ensayo ISO 16961”						
	2,00	4,00	8,00	16,00	31,50	63,00	125,00
100						0,80	0,80
125					0,80	0,80	0,99
150					0,80	0,94	1,19
160				0,80	0,80	1,00	1,27
200			0,80	0,80	1,00	1,25	1,59
250		0,80	0,80	1,00	1,25	1,56	1,98
300		0,80	0,94	1,20	1,50	1,88	2,38
315	0,80	0,80	0,98	1,26	1,58	1,97	2,50
350	0,80	0,88	1,09	1,40	1,75	2,19	2,78
400	0,80	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50	3,17
450	0,90	1,13	1,41	1,80	2,25	2,81	3,57
500	1,00	1,25	1,56	2,00	2,50	3,13	3,97
600	1,20	1,50	1,88	2,40	3,00	3,75	4,76
630	1,26	1,58	1,97	2,52	3,15	3,94	5,00
700	1,40	1,75	2,19	2,80	3,50	4,38	5,56
710	1,42	1,78	2,22	2,84	3,55	4,44	5,63
800	1,60	2,00	2,50	3,20	4,00	5,00	6,35
900	1,80	2,25	2,81	3,60	4,50	5,63	7,14
1000	2,00	2,50	3,13	4,00	5,00	6,25	7,94
1200	2,40	3,00	3,75	4,80	6,00	7,50	9,52
1250	2,50	3,13	3,91	5,00	6,25	7,81	9,92
1400	2,80	3,50	4,38	5,60	7,00	8,75	11,11
1500	3,00	3,75	4,69	6,00	7,50	9,38	11,90
1600	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,70
1800	3,60	4,50	5,63	7,20	9,00	11,25	14,29
2000	4,00	5,00	6,25	8,00	10,00	12,50	15,87
2200	4,40	5,50	6,88	8,80	11,00	13,75	17,46
2240	4,48	5,60	7,00	8,96	11,20	14,00	17,78
2400	4,80	6,00	7,50	9,60	12,00	15,00	19,05
2500	5,00	6,25	7,81	10,00	12,50	15,63	19,84
2600	5,20	6,50	8,13	10,40	13,00	16,25	20,63
2800	5,60	7,00	8,75	11,20	14,00	17,50	22,22
3000	6,00	7,50	9,38	12,00	15,00	18,75	23,81

NOTA: Por acuerdo entre fabricante y comprador se podrá fabricar tubos con diámetro nominales, espesores y series que no correspondan a la tabla 3, siempre y cuando cumplan con los demás requisitos de esta norma.

TABLA 4. Espesores mínimos de pared e1 en mm en tubos de perfil cerrado Tipo A2

[illegible]

TABLA 5. Espesores mínimos de pared e1 y e3 en mm en tubos de perfil abierto Tipo B

Diámetro Nominal DNI (mm)	Serie del Tubo														Espesor Mínimo Campana (mm)
	1		2		3		4		5		6		7		
	Rigidez anular mínima RA (kN/m2) “Método ISO 9969”														
	0,25		1		2		3,94		7,88		15,63		0,5		
	Rigidez anular mínima RA (kN/m2) “Método DIN 16961”														
	2		4		8		16		31,5		63		125		
	e1	e3	e1	e3	e1	e3	e1	e3	e1	e3	e1	e3	e1	e3	
100													1,20	1,71	7,60
150											2,00	2,86	2,50	3,57	7,60
200											3,00	4,29	3,50	5,00	7,60
250											4,00	5,71	4,50	6,43	7,60
300							4,00	5,71	4,57	6,53	5,00	7,14	5,50	7,86	9,65
350							4,57	6,53	4,57	6,53	5,20	7,43	6,50	9,29	9,65
400							4,57	6,53	4,57	6,53	5,70	8,14	7,75	11,07	17,78
450							4,57	6,53	4,57	6,53	5,60	8,00	7,00	10,00	12,70
500							4,57	6,53	4,57	6,53	5,90	8,43	8,25	11,79	17,78
550							4,57	6,53	4,57	6,53	6,10	8,71	9,00	12,86	17,78
600					4,57	6,53	4,57	6,53	7,00	10,00	8,14	5,70	9,75	13,93	17,78
700					4,57	6,53	4,80	6,86	6,10	8,71	8,00	11,43	10,50	15,00	17,78
800					4,57	6,53	5,50	7,86	7,10	10,14	9,00	12,86	11,25	16,07	24,13
900					4,57	6,53	6,20	8,86	7,60	10,86	10,00	14,29	12,00	17,14	24,13
1000					5,30	7,57	6,90	9,86	8,70	12,43	11,00	15,71	12,75	18,21	26,67
1100					6,10	8,71	7,62	10,89	9,70	13,86	12,00	17,14	13,50	19,29	29,21
1200			5,00	7,14	6,60	9,43	8,00	11,43	11,00	15,71	13,00	18,57	14,25	20,36	29,21
1300			5,50	7,86	7,10	10,14	9,40	13,43	12,00	17,14	14,00	20,00	15,00	21,43	31,75
1400			6,10	8,71	7,62	10,89	10,50	15,00	13,00	18,57	15,00	21,43	15,75	22,50	31,75
1500			6,60	9,43	8,40	12,00	12,30	17,57	14,00	20,00	16,00	22,86	16,50	23,57	31,75
1600			7,10	10,14	9,20	13,14	14,50	20,71	15,00	21,43	17,00	24,29	17,25	24,64	33,02
1700			7,62	10,89	10,02	14,31	17,02	24,31	17,02	24,31	18,00	25,71	18,50	26,43	33,02
1800			7,62	10,89	10,60	15,14	18,60	26,57	19,00	27,14	20,00	28,57	20,25	28,93	33,02
1900			8,10	11,57	13,20	17,14	20,20	28,86	20,50	29,29	21,00	30,00	21,25	30,36	33,02
2000	7,30	10,43	8,70	12,43	13,21	18,87	22,00	31,43	22,50	32,14	23,00	32,86	23,25	33,21	34,29
2100	7,60	10,86	10,10	14,43	17,02	24,31	23,00	32,86	23,50	33,57	24,00	34,29	24,25	34,64	34,29
2300	9,65	13,79	10,10	14,43	22,86	32,66	23,30	33,29	23,60	33,71	24,20	34,57	24,50	35,00	34,29
2500	9,65	13,79	13,21	18,87	23,50	33,57	23,60	33,71	23,80	34,00	24,50	35,00	25,00	35,71	34,29
2700	10,33	14,76	16,40	23,43	23,70	33,86	23,90	34,14	24,00	34,29	25,00	35,71	25,50	36,43	34,29
2800	10,67	15,24	17,02	24,31	23,80	34,00	24,20	34,57	24,50	35,00	25,50	36,43	26,00	37,14	34,29
3000	13,21	18,87	19,20	27,43	24,13	34,47	24,50	35,00	25,00	35,71	26,00	37,14	27,00	38,57	34,29

7. INSPECCIÓN

7.1 Control interno.- Se realizará de acuerdo con lo especificado en el Sistema de Calidad del fabricante.

7.2 Control externo.- El muestreo debe estar de acuerdo con la NTE INEN 2016.

8. MÉTODOS DE ENSAYO.

8.1 Preparación.

8.1.1 Ensayos de Control de Calidad.- A menos que se especifique de otra manera, acondicionar los especímenes por un mínimo de 4 horas antes del ensayo en aire o por una hora en agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Ensayar los especímenes a esta temperatura sin tomar en cuenta la humedad relativa.

8.2 Condiciones opcionales de ensayo. Por acuerdo entre fabricante y comprador se pueden realizar los ensayos en la atmósfera estándar de laboratorio a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa, a menos que se indique otra manera, en el método de ensayo de referencia o en esta norma. En los casos de discrepancia, el reensayo debe realizarse con las tolerancias de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 2\%$ de temperatura y humedad relativa, respectivamente.

8.3 Dimensiones.

8.3.1 Diámetro interno promedio.- Se debe usar un micrómetro interno o un medidor telescópico, con una tolerancia de $\pm 0,2\text{ mm}$. Hacer las suficientes lecturas, con un mínimo de 4, en la misma posición con respecto al extremo de la tubería, para asegurarse de que los valores máximos y mínimos han sido determinados. Calcular el diámetro como el promedio de los diámetros medidos.

Como método alternativo se puede determinar el diámetro interior promedio utilizando una cinta circunferencial. Hay que asegurar el uso de una cinta metálica de banda ancha. Colocarla dentro y alrededor de la tubería, asegurándose de que esté con los ángulos correctos respecto al eje de la tubería y plana con la superficie de la misma. Observar el diámetro con aproximación de $0,1\text{ mm}$.

8.3.2 Espesores de pared.- Medir los espesores de pared de acuerdo con lo dispuesto en la NTE INEN 499. Hacer las suficientes lecturas con un mínimo de ocho alrededor de la circunferencia para asegurarse de que el espesor mínimo ha sido determinado.

8.4 Resistencia al impacto.- Determinar la resistencia al impacto de la tubería de acuerdo con la norma ASTM D 2444, usando la forma de percutor y apoyo tipo B.

8.4.1 Los especímenes de ensayo deben tener 150 mm de longitud para diámetros nominales (DN) de 100 a 350 mm y de 300 mm de longitud para diámetros mayores a 350 mm.

8.4.2 Los tubos de PE de perfil cerrado (PC) o de perfil abierto (PA) tipos A1, A2 y B deben tener una resistencia mínima al impacto igual a la indicada en la tabla 6, cuando se ensayen de acuerdo con el método establecido en 8.4

TABLA 6. Resistencia al impacto de los tipos A1, A2 y B

Diámetro Nominal mm	Tamaño de la muestra	Número de golpes	Energía de impacto J
≤125	6	1	81
160			108
200			108
250			135
≥ 315			189

8.5 Rigidez anular

8.5.1 Ensayo. Se determinará la RA alternativamente mediante uno de los dos métodos de ensayo descritos en los anexos A y B de esta norma y que son:

- 1) Método de carga variable ISO 9969 y
- 2) Método de carga constante DIN 16961.

8.6 Aplastamiento.

8.6.1 Tubos de Perfil Abierto y Perfil Cerrado. (Tipos A1, A2 y B) Aplastar tres muestras de tubería, preparada de acuerdo a 8.5.1, entre placas paralelas en una prensa adecuada, hasta que el diámetro interno se haya reducido el 40% del diámetro interno original de la tubería. La velocidad de aplicación de la carga será uniforme y adecuada para que la operación se realice entre 2 min. Y 5 min.

8.6.1.1 Se considera que los especímenes han pasado el ensayo, cuando examinados a la luz normal y a simple vista, no presentan evidencia de fisuras, roturas, grietas o separación de las paredes. Pequeñas deformaciones en los perfiles exteriores e interiores, sin separación del material, no se consideran falla.

8.6.1.2 Los especímenes de ensayo deben tener una longitud mínima de 150 mm para diámetros nominales de 100 mm a 350 mm y de 300 mm de longitud para diámetros mayores a 350 mm. Para tubos tipo B, de perfil circunferencial los cortes deberán hacerse en los valles.

8.7 Hermeticidad de Juntas.

8.7.1 Hermeticidad bajo presión interna. Cuando se ensayen de acuerdo con el numeral 8.7.2, las uniones de los tubos deben ser herméticas.

8.7.2 Ensayo de presión interna. Un acople entre tubos de longitud tal que permita la realización del ensayo para todo tipo de junta y con un tapón debidamente anclado en cada extremo y que garantice hermeticidad, debe ser llenado con agua o con aire, hasta alcanzar una presión de 50 kPa, manteniéndola durante 15 minutos. Una vez alcanzada o superada la presión de prueba, debe suspenderse el ingreso de agua o de aire. Las probetas deben acondicionarse no más de 1 hora. La unión se considera hermética si el agua o el aire no se escapa por la junta o por cualquier parte de los tubos ensamblados y la presión no baje de 50 kPa. La máxima escala de variación del manómetro para medir la presión será de 14 kPa.

9. ROTULADO

9.1 Tubos. Los tubos deben ser marcados por lo menos una vez en forma legible e indeleble y deben presentar la siguiente información:

- a) Esta designación, NTE INEN....,
- b) Diámetro nominal del tubo en mm,
- c) Serie del tubo, rigidez (RA) y método de ensayo,
- d) Material de fabricación PE 334433C (o E),
- e) Marca del fabricante,
- f) Tipo de tubo (A1, A2 o B).

ANEXO A

DETERMINACION DE LA RIGIDEZ ANULAR.

METODO DE LA CARGA VARIABLE

A.1 Alcance

Este anexo especifica el método para determinar la rigidez anular de los tubos termoplásticos de sección transversal circular, por medio de la aplicación de una carga variable.

A.2 Símbolos

En este anexo se usan los siguientes símbolos:

		Unidades
DN	diámetro nominal del tubo	mm
di	diámetro interior del tubo a ensayarse	mm
F	fuerza de carga	kN
l	longitud de la pieza de ensayo	m
RA	rigidez anular	kN/m ²
y	deflexión vertical	m

A.3 Fundamento

La rigidez anular está determinada por la medición de la fuerza y de la deflexión, mientras se defleja el tubo a velocidad constante y controlada.

Una determinada longitud de tubo apoyada horizontalmente es comprimida verticalmente entre dos placas planas paralelas movidas a velocidad constante, de acuerdo con el diámetro del tubo.

Se genera una curva de fuerza vs. deflexión. La rigidez anular es el valor de la fuerza diametral necesaria para producir la deflexión de 0,03 di en la sección transversal de la tubería.

A.4 Equipos

A.4.1 Máquina para ensayo de compresión. Debe ser capaz de que el movimiento del cabezal se ajuste a una velocidad constante de acuerdo con el diámetro nominal de la tubería, de acuerdo con lo estipulado en la tabla 1 de este anexo, con la suficiente fuerza y desplazamiento para producir la deflexión especificada en A.7, a través de un par de placas paralelas, como las descritas en A.4.2.

TABLA A1. Velocidad de deflexión

Diámetro nominal DN del tubo	Velocidad de deflexión
mm	mm/min
$DN \leq 100$	$2 \pm 0,4$
$100 < DN \leq 200$	5 ± 1
$200 < DN \leq 400$	10 ± 2
$400 < DN \leq 1000$	20 ± 2
$DN > 1000$	50 ± 5

A.4.2 Dos placas de acero, a través de las que se puede aplicar la fuerza de compresión a la pieza de ensayo. Las placas deben ser planas, lisas y limpias y no deberán deformarse durante el ensayo a una magnitud que afecte los resultados. La longitud de cada placa debe ser por lo menos igual a la longitud de la pieza de ensayo. El ancho de cada placa no debe ser menor que el máximo ancho de la superficie en contacto con la pieza de ensayo mientras está bajo carga, más 25 mm.

A.4.3 Dispositivos de medición, capaces de determinar:

- La longitud de la pieza de ensayo dentro de 1 mm de exactitud (ver A.5.2)
- El diámetro interior (di) de la pieza de ensayo dentro de 0,5% de exactitud
- El cambio de diámetro interior (di) de la pieza de ensayo en la dirección de la carga con una exactitud de 0,1 mm ó 1% de deflexión, cualquiera que sea mayor.

A.4.4 Dispositivo para medir la fuerza, capaz de determinar dentro del 2% de exactitud la fuerza necesaria aplicada diametralmente, para producir del 1% al 4% de deflexión, de la pieza de ensayo a través de la pieza de ensayo.

A.5 Piezas de ensayo

A.5.1 Marcado y número de las piezas de ensayo

El tubo para el que se va a determinar la rigidez anular (RA), debe ser marcado con una línea a través de la generatriz exterior. Tres piezas de ensayo a, b y c, respectivamente, deben ser tomadas de este tubo marcado de forma tal, que los extremos de las piezas de ensayo sean perpendiculares al eje del tubo y sus longitudes sean conformes con A.5.2.

A.5.2 Longitud de las piezas de ensayo

A.5.2.1 Se determinará la longitud de la pieza de ensayo por cálculo de la media aritmética de tres a seis medidas de longitud igualmente espaciadas al rededor del

perímetro del tubo, como se especifica en la tabla 2. La longitud de cada pieza de ensayo se sujetará a A.5.2.2, A.5.2.3, A.5.2.4 ó A.5.2.5, como sea aplicable.

TABLA 2. Número de medidas de la longitud

Diámetro nominal DN del tubo mm	Número de medidas de longitud
$DN \leq 200$	3
$200 < DN < 500$	4
$DN > 500$	6

Cada una de las tres a seis mediciones de longitud será hecha dentro de 1 mm. Para cada pieza de ensayo individual, la más pequeña de las tres ó seis mediciones de longitud, no debe ser menor que 0,9 veces la medición más grande.

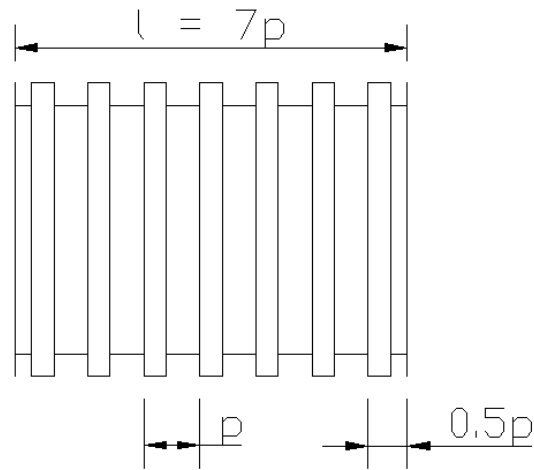
A.5.2.2 Para tubos que tienen diámetros nominales (DN) menores o iguales a 1500 mm, la longitud promedio de cada pieza de ensayo debe ser de $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$.

A.5.2.3 Para tubos que tienen diámetros nominales (DN), mayores a 1500 mm, la longitud promedio en milímetros de cada pieza de ensayo debe ser por lo menos $0,2 \text{ DN}$.

A.5.2.4 Los tubos de pared estructurada con nervaduras o corrugaciones u otras estructuras regulares perpendiculares, deben ser cortados de manera que cada pieza de ensayo contenga el mínimo número total de nervaduras, corrugaciones u otras estructuras, necesarias para satisfacer el requisito de longitud dado en A.5.2.2 ó A.5.2.3, como sea aplicable, (ver figura 1).

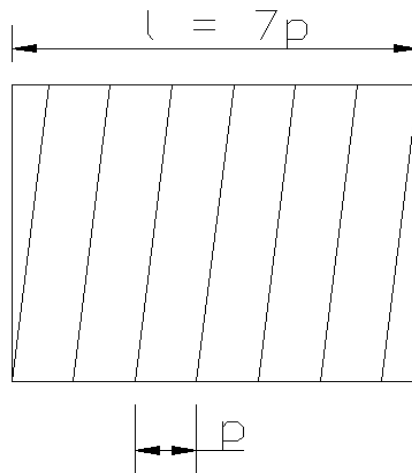
Los cortes deben hacerse en el punto medio entre las nervaduras, corrugaciones u otras estructuras.

FIGURA 1 Pieza de ensayo cortada de un tubo
Con nervaduras perpendiculares



A.5.2.5 Para tubería enrolladas helicoidalmente (ver figura 2), la longitud de cada pieza de ensayo debe ser tal que ésta contenga el mínimo número entero de bandas helicoidales necesarias para satisfacer el requisito de longitud dado A.5.2.2 ó A.5.2.3 como sea aplicable.

FIGURA 2. Pieza de ensayo cortada de un tubo enrollado helicoidalmente



Para tuberías con montantes de refuerzo helicoidal en la forma de nervaduras, corrugaciones, etc., la longitud de cada pieza de ensayo debe ser tal que contenga un número entero de montantes con un mínimo de tres y debe sujetarse a A.5.2.2 ó A.5.2.3, como sea aplicable.

A.5.3 Diámetro interior de las piezas de ensayo

Determinar los diámetros interiores d_{ia} , d_{ib} , d_{ic} para cada pieza de ensayo a, b y c (ver A.5.1) como la media aritmética de las cuatro medidas obtenidas a intervalos de 45° sobre una sección transversal a media longitud, siendo cada medida hecha dentro del 0,5%.

Registrar el diámetro interior medio calculado d_{ia} , d_{ib} y d_{ic} para cada pieza de ensayo a, b y c.

Calcular el valor promedio d_i de estos tres valores usando la siguiente ecuación:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}$$

A.5.4 Edad de las piezas de ensayo

Al inicio del ensayo la edad de las piezas de ensayo debe ser por lo menos de 24 horas.

Para el ensayo tipo y en casos de desacuerdo la edad de las piezas de ensayo debe ser de 21 días \pm 2 días.

A.6 Acondicionamiento

Acondicionar las piezas de ensayo en aire a la temperatura del ensayo (ver A.7.1) por lo menos 24 horas inmediatamente antes del ensayo.

A.7 Procedimiento

A.7.1 A menos que se especifique de otro modo en la norma de referencia, llevar a cabo el procedimiento del ensayo a 23° C \pm 2° C ó en países en donde 27° C se utiliza como temperatura normal de laboratorio, a 27° C \pm 2° C. (ver nota 2).

En casos de desacuerdo, debe usarse 23° C \pm 2° C.

A.7.2 Si se puede determinar en cual posición de ensayo la pieza tiene la más baja rigidez anular, colocar la primera pieza de ensayo en esa posición en la máquina de ensayo de compresión.

De otro modo colocar la primera pieza de ensayo de tal manera que la línea de marcado esté en contacto con la placa superior.

Rotar las otras dos piezas de ensayo b y c por 120° y 240° , respectivamente, con relación a la primera pieza de ensayo, cuando se colocan en la máquina de ensayo.

Traer la placa superior en contacto con la pieza de ensayo sin más fuerza que la necesaria para sostenerla en posición.

Comprimir la pieza de ensayo a la velocidad constante especificada en la tabla 1, mientras se registra continuamente la fuerza y la deflexión en concordancia con A.7.4 hasta que se alcance una deflexión de por lo menos 0,03 di (ver nota 3).

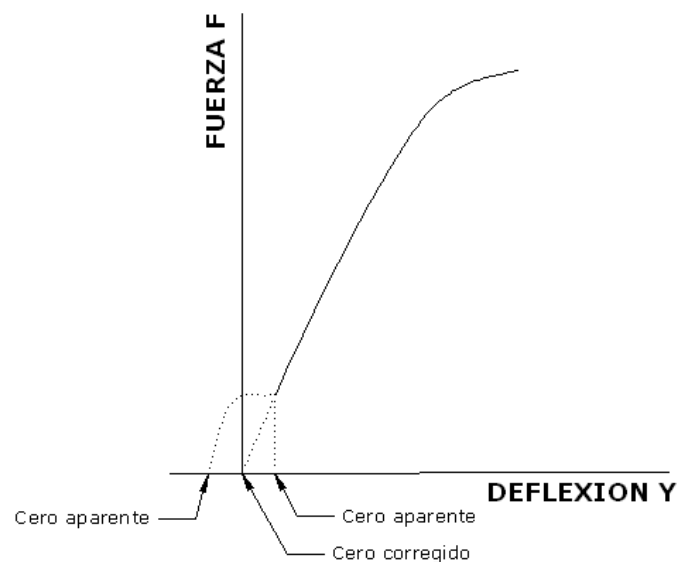
A.7.3 Típicamente, las dimensiones de fuerza y deflexión son continuamente generadas midiendo el desplazamiento de una de las placas, pero sí, durante el ensayo, la altura de la pared e_c , cambiamás del 10%, trazar el gráfico fuerza/deflexión, midiendo el cambio en el diámetro interior de la pieza de ensayo.

Si el gráfico fuerza/deflexión, el cual es típicamente una curva suave, indica que el punto cero puede ser incorrecto como se indica en la figura 3, extrapolar de nuevo la porción de la línea recta inicial de la curva y usar la intersección con el eje horizontal como el punto origen (0,0).

NOTA 2: Es probable que la temperatura de ensayo tenga influencia sobre la rigidez anular (RA).

NOTA 3: Cuando se requiere determinar la flexibilidad anular, la compresión puede continuarse hasta alcanzar la deflexión requerida por flexibilidad anular (por ejemplo 40% di).

FIGURA 3. Método de corrección del origen



A.8 Cálculo de la rigidez anular

Calcular la rigidez anular de cada una de las muestras a, b y c usando las siguientes ecuaciones:

$$RA_a = \left[0.0186 + 0.025 \frac{y_a}{d_i} \right] \frac{F_a}{l_a y_a}$$

$$RA_b = \left[0.0186 + 0.025 \frac{y_b}{d_i} \right] \frac{F_b}{l_b y_b}$$

$$RA_c = \left[0.0186 + 0.025 \frac{y_c}{d_i} \right] \frac{F_c}{l_c y_c}$$

En donde:

F es la fuerza correspondiente a 3,0% de deflexión del tubo en kilonewtons,

l es la longitud de la pieza de prueba en metros,

y es la deflexión correspondiente al 3% en metros, (i,e),

$$\left[\frac{y}{d} \right] = 0.03$$

Calcular la rigidez anular del tubo en kilonewtons por metro cuadrado (kPa), como la media de estos tres valores, usando la ecuación siguiente:

$$RA = \frac{RA_a + RA_b + RA_c}{3}$$

ANEXO B

DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ ANULAR MÉTODO DE CARGA CONSTANTE

B.1 A menos que se especifique otra cosa, los tubos se someterán a ensayo después de 15 horas de su fabricación como mínimo.

B.2 Condiciones de diseño y acabado.- Las condiciones de diseño y acabado superficial se comprobarán mediante examen visual.

B.3 Propiedades mecánicas.- La confiabilidad del método de ensayo descrito a continuación debe ser verificada para cada diseño de tubo mediante un análisis de esfuerzos y un ensayo de carga.

B.3.1 Rigidez anular.- De cada serie y diámetro de tubo sometido a ensayo, tomar 3 secciones con una longitud l igual o mayor a $2 d_i$ pero no mayor a 1 m, cuidando de no cortar los perfiles de los extremos. Esto puede asegurarse, por ejemplo, cortando la sección por un perfil más largo en el extremo que la longitud requerida.

B.3.1.1 La fuerza de ensayo debe aplicarse perpendicularmente al eje del tubo. El ensayo debe efectuarse a una temperatura ambiente de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. El diámetro interno del tubo debe ser medido a la mitad de la longitud y a una distancia de $0,2 d_i$ de los extremos, pero no a más de 50 mm de cada extremo. Los puntos de medida deben marcarse antes de efectuar las medidas y debe tomarse el promedio de las tres medidas.

B.3.1.2 La fuerza de ensayo debe calcularse a base de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{(RA_{24})0.03d_i.l}{\xi}$$

En donde:

F = es la fuerza de ensayo en, KN;
 RA_{24} = es la rigidez anular, en KN/m², como se indica en la tabla 1;
 d_i = es el diámetro interior efectivo del tubo, en m;
 l = es la longitud efectiva de la sección del tubo, en m;
 ξ = es un coeficiente de deformación. En este caso, $\xi = 0,1548$ para $\Delta \square_{div}/d_i \approx 0,03$ (ver tabla B1).

TABLA B1. Coeficiente de deformación

Deflexión en porcentaje $\Delta \text{div}/d_i$ en %	ξ
0	0,1488
1	0,1508
2	0,1528
3	0,1548
4	0,1568
5	0,1588
6	0,1608
7	0,1628
8	0,1648
9	0,1668
10	0,1688
11	0,1708
12	0,1728
13	0,1748
14	0,1768
15	0,1788

Los valores intermedios pueden obtenerse por la siguiente ecuación:

$$\xi = \left(\Delta \text{div}/d_i \right) 0,002 + 0,1488$$

B.3.1.3 La fuerza debe ser aplicada alineada con el eje del tubo a todo lo largo del espécimen. El soporte debe estar en forma de una placa de apoyo (ver figura B1), o ángulos de acero (ver figura B2) con un espacio e que no exceda $0,05 d_i$ (debe tenerse cuidado de no dañar la pared del tubo).

B.3.1.4 Antes de aplicar la carga, el diámetro interno en dirección vertical, y 24 horas después de aplicar la fuerza de ensayo, las deflexiones deben ser medidas con una exactitud del 1%, pero sin exceder ± 1 mm. Luego, el espécimen debe ser uniformemente cargado dentro de 10 minutos hasta que la fuerza de ensayo F haya sido alcanzada. La deflexión debe ser medida a 1,6 y 24 horas después de la aplicación de la fuerza de ensayo. (ver nota B1).

NOTA B1.- La rigidez anular como un parámetro estático de los tubos plásticos está dada por la fórmula:

$R.A. = \frac{EI}{r^3}$ y es determinada por la medida de la deflexión en un ensayo de carga.

En donde:

E = es el módulo de elasticidad, en kN/cm^2

I = el momento de inercia de la pared del tubo, en m^4/m

r = es el radio del eje neutro de la pared del tubo, en m

Cuando la carga y el apoyo están alineados, R.A. puede ser expresada en la siguiente fórmula:

$$R.A. = \frac{F}{\Delta div.l} \xi$$

En donde:

F = es la fuerza de ensayo, en kN

Δdiv = es la deflexión vertical media del espécimen, en m

l = es la longitud del espécimen, en m

ξ = es el coeficiente de deformación (de acuerdo con la tabla B1)

El establecer la rigidez anular comprende la determinación del momento efectivo de inercia de los tubos perfilados y de los módulos de elasticidad del material de los tubos.

La rigidez anular debe reportarse como el promedio de los tres valores obtenidos.

B.3.1.5 Para la extrapolación a un período de 50 años la rigidez anular debe ser medida hasta 2000 horas después de la aplicación de la fuerza de ensayo usando un número suficiente de puntos de medición.

FIGURA B1.- Carga por lámina

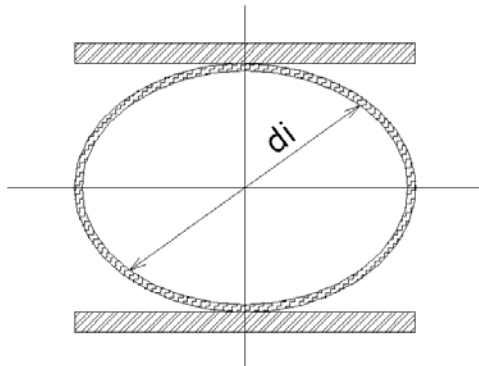


FIGURA B2.- Cargas por ángulos de acero