AENOR
Confía

Reglamento particular de la Marca AENOR N para tubos de poliéster insaturado (UP) reforzados con fibra de vidrio (PRFV) para aplicaciones con y sin presión

RP 001.48

Revisión 6
Fecha 2020-09-30

Índice

1 Objeto y alcance

2 Definiciones y particularidades

3 Toma de muestras y ensayos para la concesión y el mantenimiento del certificado de la Marca N de producto

3.1 Ensayos a realizar en fábrica

3.2 Actividades a realizar por el cliente

4 Control interno del fabricante

4.1 Características objeto de control

5 Marcado de los productos certificados

Anexo C Cuestionario descriptivo para tubos

Anexo D Valores de referencia de ensayos

Anexo E Método ensayo dureza Barcol a corto plazo

Anexo F Método ensayo estanqueidad del tubo

Anexo G Método ensayo fatiga

Anexo H Método ensayo comportamiento de las uniones

Anexo I Ensayo de dureza Barcol a largo plazo

Anexo J Ensayo de absorción de agua a largo plazo de la resina pura

Anexo K Ensayo de absorción de agua a largo plazo del producto de PRFV terminado

Anexo L Ensayo de resistencia química a pH ácido y básico

Anexo M Ensayo de deflexión en condiciones de pH ácido y básico

Anexo N Modificaciones

1 Objeto y alcance

Este Reglamento Particular describe, en cumplimiento del apartado 3.2 del Reglamento General para la Certificación de Productos y Servicios con Marca N, en adelante el Reglamento General, el esquema de certificación de tubos de poliéster insaturado (UP) reforzados con fibra de vidrio (PRFV) para aplicaciones con o sin presión, complementando al Reglamento Particular de la Marca AENOR N para materiales plásticos – requisitos comunes (RP 001.00). El Reglamento General citado prevalece en todo caso sobre este Reglamento Particular.

La Marca N para tubos de poliéster insaturado (UP) reforzados con fibra de vidrio (PRFV) para aplicaciones con o sin presión, en adelante la Marca, es una marca de conformidad de estos productos con las normas UNE-EN 1796:2014, UNE-EN 14364:2015 y/o ISO 10639:2004 y/o ISO 10467:2004, y requisitos adicionales incluidos en la Guía Técnica para el diseño, fabricación e instalación de Tuberías a presión de poliéster reforzado con fibra de vidrio, editada por el CEDEX.

2 Definiciones y particularidades

Series de diámetro: En función de la designación por el diámetro nominal, se establecen las siguientes series:

- **Serie A:** Especifica los diámetros interiores como iguales al diámetro nominal.
- **Serie B:** Especifica los diámetros exteriores como iguales al diámetro nominal.

Clase: Se llama clase de tubos al conjunto de los mismos que tienen una de las características de clasificación en común.

Clase de rigidez: Será conforme a la rigidez nominal SN indicada a continuación: 630, 1250, 2500, 5000 y 10000.

Clase de presión: Será conforme a la presión nominal PN indicada a continuación: 1; 2,5; 4; 6; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32.

Clase de diámetro: Será conforme al diámetro nominal DN especificado en la(s) norma(s) de aplicación.

Tipo: En función del sistema de unión, se establecen los siguientes tipos:

- **Tipo 0:** Tubos lisos.
- **Tipo 1:** Tubos con junta elástica (con embocadura o con manguito)

Sistema de fabricación: Se establecen los siguientes sistemas:

- Sistema en continuo
- Sistema en discontinuo

Grupo de productos: Es el formado por una gama o familia de productos fabricados de tal forma que los resultados de los ensayos tipo a largo plazo sean aplicables a todos los productos del grupo.

En definitiva, es un conjunto de componentes similares, a partir del cual son seleccionadas las muestras para fines de ensayo de forma que los resultados sean representativos de toda la gama de productos del mismo.

Los productos de un mismo grupo deben cumplir lo indicado en la UNE-CEN/TS 14632 EX. En concreto en el caso de los tubos, un grupo de ensayo tipo debe estar compuesto por productos que cumplan las siguientes condiciones:

- Fabricados por el mismo proceso.
- Con las mismas especificaciones del material.
- Con la misma construcción de la pared del tubo (es decir, la secuencia de capas, composiciones de las capas, propiedades del material y método de diseño para el uso de los resultados de los ensayos tipo a largo plazo en la determinación de la pared del tubo para todas las combinaciones del DN, PN y SN).
- Se ensayen con la misma condición de carga (es decir, carga uniaxial o biaxial).

Periodo de fabricación (para el sistema en continuo): Tiempo comprendido entre la puesta en marcha de la máquina y su parada. Determinan un nuevo período de fabricación un cambio en la materia prima utilizada, un cambio de dimensiones o una parada superior a ocho horas.

Todos los ensayos de la Tabla 1 deben realizarse sobre tuberías fabricadas en el centro de producción que solicita la certificación de la Marca N ~~AENOR~~, tanto para la concesión como para el seguimiento.

3 Toma de muestras y ensayos para la concesión y el mantenimiento del certificado de la Marca N de producto

3.1 Ensayos a realizar en fábrica (Ver RP 001.00)

Durante la visita de inspección inicial o de mantenimiento, AENOR realizará en fábrica los ensayos indicados en la tabla 1.

TABLA 1

	ENSAYOS	CONCESIÓN	SEGUIMIENTO	ALCANCE	VALORACIÓN RESULTADOS
ENSAYOS A REALIZAR POR EL INSPECTOR EN FÁBRICA	Aspecto	10 tubos al azar	10 tubos al azar	A/S	3
	Diámetro	1 tubo por clase de diámetro	1 tubo por clase de diámetro	A/S	2
	Longitud efectiva	10 tubos al azar	10 tubos al azar	A/S	2
	Presión de diseño inicial y de fallo para tubos de presión (Resistencia a tracción circunferencial, Anexo D tabla D2)	1 tubo por clase de presión y diferentes diámetros	1 tubo por clase de presión	A/S (P)	1
	Rigidez circunferencial específica inicial	2 ensayos por clase de rigidez y diferentes diámetros	1 ensayo por clase de rigidez	A/S	1
	Resistencia inicial al fallo en condiciones de flexión	2 ensayos por clase de rigidez y diferentes diámetros	1 ensayo por clase de rigidez	A/S	1
	Resistencia inicial específica en tracción longitudinal (Anexo D tabla D1)	1 ensayo por clase de presión y diferentes diámetros	1 ensayo por clase de presión	A/S	1
	Dureza Barcol corto plazo (UNE 53270) (Ver Anexo E)	1 ensayo por clase de rigidez (sobre el de mayor diámetro)	1 muestra al azar	A/S	1
	Estanquidad del tubo (ver Anexo F)	1 muestra al azar	1 muestra al azar	A/S (P)	1
	Ensayo de fatiga (Anexo G) (*) Método A	1 ensayo por Grupo	No aplica	A	1
	Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad (*)	1 ensayo por Grupo 10.000 h	1 vez cada 5 años 1 ensayo por Grupo 10.000 h	A/S	1
	Resistencia al fallo a largo plazo en condiciones de flexión (*)	1 ensayo por Grupo 10.000 h	1 vez cada 5 años 1 ensayo por Grupo 2.000 h	A/S	1
	Presión de fallo a largo plazo (*)	1 ensayo por Grupo 10.000 h	1 vez cada 5 años 1 ensayo por Grupo 2.000 h	A/S (P)	1

	ENSAYOS	CONCESIÓN	SEGUIMIENTO	ALCANCE	VALORACIÓN RESULTADOS
ENSAYOS A REALIZAR POR EL INSPECTOR EN FÁBRICA	Resistencia a la corrosión en deformación (sólo tubos de saneamiento) (*)	1 ensayo por Grupo 10.000 h	1 vez cada 5 años 1 ensayo por Grupo 2.000 h	S	1
	Comportamiento de las uniones (*) (**) (Ver Anexo H)	1 ensayo antigüedad menor de un año	1 ensayo por Grupo (< 1 año)	A/S	1
	Ensayo de dureza Barcol a largo plazo (Ver Anexo I) (*)	1 ensayo por Grupo de espesor	1 ensayo por Grupo de espesor cada 5 años	A	1
	Ensayo de absorción de agua a largo plazo del producto de PRFV terminado (Ver Anexo K) (*)	1 ensayo por Grupo de espesor	1 ensayo por Grupo de espesor cada 5 años	A	1
	Ensayo de resistencia química a pH ácido y básico (Ver Anexo L) (*)	1 ensayo por Grupo	1 ensayo por Grupo cada 5 años	A	1
	Ensayo de deflexión a largo plazo en condiciones de pH ácido y básico (Ver Anexo M) (*)	1 ensayo por Grupo en cada uno de los tres medios	Es el mismo ensayo que el de resistencia al fallo a largo plazo en condiciones de flexión.	A	1

A: Abastecimiento S: Saneamiento S (P): Saneamiento con Presión

*) Estos ensayos se realizarán en el laboratorio elegido por del fabricante y se verificarán documentalmente por AENOR.

**) De acuerdo a lo indicado en la Guía de Tuberías de PRFV editada por el CEDEX, se realizará dicha validación utilizando el rango de DN y PN escogida por el fabricante hasta un máximo de DN1600 PN10. Con motivo de obtener el máximo de combinaciones posibles, anualmente se ensayará una combinación de DN/PN distinta.

3.2 Actividades a realizar por el cliente

Para la concesión

El cliente entregará los documentos siguientes

- Anexos de solicitud A, B y C
- Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad *
- Resistencia al fallo a largo plazo en condiciones de flexión*
- Presión de fallo a largo plazo*
- Resistencia a la corrosión en deformación (sólo tubos de saneamiento) *

- Comportamiento de las uniones (Ver Anexo H) *
- Ensayo de Fatiga *

*) Estos ensayos se realizarán en el laboratorio elegido por del fabricante y se verificarán documentalmente por AENOR.

Para el seguimiento

Una vez cada 5 años o ante cualquier cambio de diseño, AENOR comprobará los ensayos actualizados.

- Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad (10000 h) *
- Resistencia al fallo a largo plazo en condiciones de flexión* (2000 h)
- Presión de fallo a largo plazo*(2000 h)
- Resistencia a la corrosión en deformación (sólo tubos de saneamiento) (2000 h) *
- Comportamiento de las uniones (Ver Anexo H) *
- Ensayo de Fatiga

*) Estos ensayos se realizarán en el laboratorio elegido por del fabricante y se verificarán documentalmente por AENOR

4 Control interno del fabricante

4.1 Características objeto de control

- **Materias primas**: El fabricante deberá asegurarse mediante la realización de ensayos en laboratorios internos o externos o bien mediante los certificados de los proveedores de materia prima y, con la frecuencia indicada en la siguiente tabla, que las mezclas y compuestos que intervienen en la fabricación de los tubos poseen las características definidas en la misma.

	Propiedad	Frecuencia
Fibra de vidrio	Ensimaje (*)	Cada 100 t / proveedor
	Gramaje	
	Humedad	
Resina	Viscosidad	Cada 200 t / proveedor / tipo resina, al menos 1 vez al año
	Tiempo de gel	
	HDT o Tª transición vítrea	
	% alargamiento en rotura	
	Dureza Barcol	
	Absorción de agua a largo plazo (Ver Anexo J) aplica solo para Abastecimiento	Por proveedor / tipo resina, al menos 1 vez al año
Arena	Granulometría	Cada envío
	% humedad	

(*) El criterio de ensimaje es el que se recoge en la tabla adjunta

	Ensimaje (% en peso)	Humedad	Gramaje
	ISO 1887	ISO 3344	ISO 1898 (Tex)
Hilo continuo (roving)	0,3 - 1,7	≤0,2	Nominal +/-9%
Hilo cortado (chop)	0,2 - 1,7	≤0,2	Nominal +/-9%
Mantas de hilo tejido (WR) o cosido	1,5 - 4,5	≤0,2	Nominal +/-9%
Mantas de hilo cortado (tejido mat)	2,5 - 4,5	≤0,2	Nominal +/-9%
Velo	6 - 12	≤0,2	Nominal +/-5%

Las fibras de vidrio deberán llevar un tratamiento de superficie especial, o ensimaje para garantizar una adecuada adherencia con la resina de poliéster. El ensimaje debe ser de naturaleza silánica, nunca con base cromo.

Por otro lado, la fibra de vidrio podrá emplearse en distintos formatos, en concreto los siguientes:

- Hilo continuo(roving)
- Hilo cortado (chop)
- Mantas de hilo tejido o cosido
- Mantas de hilo cortado (mat)
- Velos de superficie

- **Controles de liberación de lote**: Los ensayos y la frecuencia de los mismos figuran en la tabla 2.

TABLA 2

ENSAYOS	FRECUENCIAS
Aspecto	100 % de los tubos
Diámetro	cada 300 m
Longitud Efectiva	
Rigidez circunferencial específica inicial	Cada 600 m (mínimo cada lote de DN-PN-SN)
Resistencia inicial al fallo en condiciones de flexión	
Resistencia inicial específica en tracción longitudinal (Anexo D tabla D1)	
Presión de diseño inicial y de fallo para tubos de presión (Resistencia a tracción circunferencial, Anexo D tabla D2)	
Estanqueidad del tubo DN < 1400 mm (ver Anexo G)	Cada 250 m de fabricación
Dureza Barcol corto plazo (Ver Anexo E)	Cada 600 m de fabricación

5 Marcado de los productos certificados

5.1 Marcado sobre tubos:

El marcado sobre los tubos incluirá como mínimo lo siguiente:

— Referencia a AENOR;

— Logotipo de la Marca N; con un tamaño no inferior a 5 mm;

— Número de contrato firmado por AENOR o de certificado: 001/XXX;

— Marca comercial;

— Referencia a la Norma UNE-EN 1796/ISO 10639 o UNE-EN 14364/ISO 10467;

— Diámetro Nominal del tubo DN;

— Serie de diámetro (A, B1, B2, ...);

— Clase de rigidez SN (..., 5000, 10000, ...);

- Presión Nominal PN (..., 6, 10, ...);
- Datos de fabricación (año, fecha, mes o Código de trazabilidad).

Ejemplo:

AENOR – N - 001/XXX - marca comercial – UNE-EN 1796/ISO 10639 – DN 1000– B1 - SN 5000 – PN 10 – Datos de fabricación

Anexo C

Cuestionario descriptivo del producto

CLIENTE:

EMPRESA FABRICANTE:

LUGAR DE FABRICACIÓN:

PRODUCTO:

NORMA:

MARCA(S) COMERCIAL(ES):

FECHA:

GAMA PARA LA QUE SOLICITA LA MARCA			
SERIE DE DIAMETROS	**SN (n/M2)**	**PN (bar)**	**Diámetros (mm)**

Para cualquier ampliación de la gama de fabricación, el cliente enviará a la Secretaría del Comité este cuestionario descriptivo actualizado, indicando cuales han sido las modificaciones introducidas. La Secretaría del Comité informará al cliente de la tramitación a seguir en cada caso.

DOCUMENTACIÓN ADICIONAL A ENTREGAR JUNTO CON LA SOLICITUD

– Lista de materias primas

En …… a …… de ……. de 20….

FIRMA Y SELLO DEL FABRICANTE

Anexo D

Valores de referencia de ensayos

TABLA D1. RESISTENCIA A TRACCIÓN LONGITUDINAL INICIAL

DN	Resistencia a la tracción longitudinal inicial N/mm					
	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	171	178	203	227	249	285
400	189	207	241	264	300	348
500	210	235	280	306	350	410
600	230	259	309	341	395	463
700	254	287	347	382	445	526
800	280	318	383	426	495	588
900	305	346	420	467	548	652
1000	328	374	456	509	596	712
1200	378	432	529	592	697	837
1400	428	490	602	675	799	961
1600	479	546	675	716	865	1.046
1800	530	604	748	794	965	1.167
2000	580	661	822	873	1.062	1.288
2200	629	719	895	950	1.159	1.410
2400	678	777	967	1.029	1.256	1.530
2600	694	788	1.006	1.110	1.335	1.655
2800	742	842	1.077	1.190	1.435	1.780
3000	789	896	1.149	1.270	1.535	1.900
3200	837	952	1.219	1.350	1.630	
3400	884	1.005	1.263	1.430	1.730	
3600	931	1.058	1.332	1.515	1.830	
3800	979	1.113	1.400	1.595		
4000	1.025	1.168	1.470	1.675		

Nota: Para tubos de presiones nominales o diámetros distintos a los indicados en esta tabla, la resistencia específica inicial mínima en tracción longitudinal se debe interpolar linealmente o extrapolar a partir de los valores indicados en ella y, en todo caso, cumpliendo los valores indicados en la Norma UNE-EN 1796.

TABLA D2. RESISTENCIA A TRACCIÓN CIRCUNFERENCIAL INICIAL

DN	Resistencia a la tracción longitudinal inicial N/mm					
	PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN32
300	809	915	1315	1644	1824	2113
400	857	1141	1676	2007	2356	2762
500	907	1357	2067	2452	2860	3370
600	995	1602	2427	2814	3335	3907
700	1144	1833	2817	3252	3852	4549
800	1292	2109	3168	3703	4369	5170
900	1433	2326	3557	4154	4922	5819
1000	1567	2549	3924	4584	5411	6420
1200	1863	3031	4658	5453	6472	7680
1400	2159	3500	5407	6334	7527	8960
1600	2469	3960	6154	7236	8561	10240
1800	2757	4442	6895	8105	9644	11520
2000	3059	4918	7672	8992	10685	
2200	3355	5393	8406	9839	11733	
2400	3651	5882	9140	10728	12774	
2600	3946	6336	9881	11616		
2800	4262	6804	10629	12483		
3000	4538	7273	11378	13358		
3200	4855	7768	12126			
3400	5150	8215	12866			
3600	5433	8691	13607			
3800	5756	9166	14348			
4000	6025	9655	15096			

Anexo E

Método ensayo Dureza Barcol a corto plazo

La dureza Barcol inicial de los tubos de PRFV será de, al menos, 38.

Para obtener los valores de la dureza Barcol a corto plazo deberán ser ensayados conforme a la metodología descrita en la Norma UNE 53270 o ASTM D2583, tomando medidas en 10 puntos de la parte interior (liner) del componente.

Del mismo modo, su dureza Barcol no deberá bajar de 35 durante toda su vida útil.

Anexo F

Método ensayo Estanqueidad del tubo

Los tubos de DN igual o inferior a 1400 mm deberán ser ensayados a estanqueidad mediante presión hidráulica interior según lo indicado en la UNE-EN 1229 y lo establecido a continuación.

La presión de prueba será el doble de la PN del tubo. La presión hidráulica interior se aumentará de forma constante y gradual hasta alcanzar el valor de prueba, el cual se mantendrá constante durante 30 segundos, debiéndose comprobar que no se producen pérdidas de agua de ningún tipo durante el ensayo.

En el caso de tubos de DN superior a 1400 mm, o cuando así lo indique expresamente el proyecto de la conducción o la Dirección de Obra, este ensayo podrá ser sustituido por otras comprobaciones alternativas.

Anexo G

Método ensayo fatiga

Este ensayo deberá realizarse conforme a la metodología descrita en la Norma ISO 15306, y en las condiciones de ensayo indicadas en la Norma ISO 10639 (apartado 5.3), para comprobar que la probeta no muestra señales de fugas ni exudaciones tras al menos 1.000.000 ciclos de carga-descarga.

Una vez realizado el ensayo de fatiga, además de lo que indica la Norma, se someterá la probeta a un ensayo de resistencia a la presión interior debiendo cumplir, la presión de fallo obtenida en dicho ensayo (P, en bares), la siguiente condición en relación a la presión de fallo inicial sin fatiga (P0, en bares):

$$P > 0{,}7 \cdot P0$$

El ensayo de resistencia a la presión interior (ensayo de presión de fallo inicial) deberá realizarse conforme a la metodología descrita en la Norma ISO 8521 Método A, considerándose presión de fallo la presión de rotura de la pared del tubo. El tiempo en alcanzar la rotura será de:

- 1 a 3 minutos para DN < 500
- 1 a 10 minutos para DN > 500

Anexo H

Método ensayo comportamiento de las uniones

Las uniones deberán ensayarse mediante la realización de los ensayos indicados en la tabla adjunta, no debiendo producirse durante los ensayos fugas de ningún tipo, ni la rotura de la unión o de alguno de sus componentes.

Tipo de unión	Metodología	Condiciones de ensayo
Flexibles no resistentes a esfuerzos axiales	UNE-EN 1119	UNE-EN 1796 (apartado 7.3)
Flexibles resistentes a esfuerzos axiales	ISO 7432	UNE-EN 1796 (apartado 7.4)
Laminadas por diseño	ISO 8533	UNE-EN 1796 (apartado 7.5)
Con bridas por diseño	ISO 8483	UNE-EN 1796 (apartado 7.6)

Además de lo anterior en las uniones se realizarán los ensayos indicados en la tabla adjunta para el control dimensional.

Comprobación	Frecuencia	Metodología
Pared de la unión	100 %	Medición de espesores o verificación de peso
Longitud de la unión	Unión flexible mecanizada: 100 % Unión flexible sin mecanizar: 1 de cada 100 unidades	Medición con flexómetro o similar
Diámetro de la unión	Unión flexible mecanizada: 1 de cada 300 m Unión flexible sin mecanizar: 1 de cada 100 unidades	Medición con circómetro, cinta métrica o similar
Ranuras o diámetros interiores	Unión flexible mecanizada: 1 de cada 300 m Unión flexible sin mecanizar: 1 de cada 100 unidades	Medición con mirafondos, pie de rey o similar

En el caso de las uniones mediante bridas, debe comprobarse que se cumplen las especificaciones que para el anillo elastomérico o para las propias bridas figuran en las respectivas normas UNE-EN 681 y UNE-EN 1092, respectivamente.

En el caso de las juntas flexibles, la UNE-EN 681-1 indica las propiedades y características que debe poseer el material elastomérico a emplear, así como los ensayos para determinar su cumplimiento, indicados en la tabla adjunta.

Ensayo	Apartado en UNE-EN 681-1	Método	Unidad	Especificación
Dureza	4.2.3	ISO 7619-1 (UNE-ISO 48)	Shore A	(*)
Resistencia a la tracción	4.2.4	ISO 37	MPa	9 min.
Alargamiento a rotura	4.2.4	ISO 37	%	(*)
Deformación permanente por compresión 23 °C durante 72 horas	4.2.5.2	ISO 815-1	%	(*)
Deformación permanente por compresión 70 °C durante 24 horas	4.2.5.2	ISO 815-1	%	20 max.
Deformación permanente por compresión -10 °C durante 72 horas	4.2.5.3	ISO 815-2	%	(*)
Envejecimiento. Cambio de la dureza 70 °C durante 7 días	4.2.6	ISO 188/ISO 7619-1	%	-5/+8 max.
Envejecimiento. Cambio de la resistencia a la tracción 70 °C durante 7 días	4.2.6	ISO 188/ISO 37	%	-20 max.
Envejecimiento. Cambio del alargamiento a rotura 70 °C durante 7 días	4.2.6	ISO 188/ISO 37	%	(*)
Relajación de esfuerzos 23 °C durante 7 días	4.2.7	ISO 3384-1	%	(*)
Relajación de esfuerzos 23 °C durante 100 días	4.2.7	ISO 3384-1	%	(*)
Cambio de volumen en agua durante 7 días a 70 °C	4.2.8	ISO 1817	%	+8/-1 max.
Resistencia al ozono	4.2.9	ISO 1431-1	-	Libre de fisuras

(*) Según clase de dureza escogido por cada fabricante.

El fabricante deberá facilitar el certificado de cumplimiento de los ensayos del proveedor de juntas elastoméricas, según los ensayos anteriormente citados.

El sistema de unión tubo+junta se verifica mediante el ensayo de diseño que marca la norma UNE-EN 1119. Esta indica que para garantizar la estanquidad y resistencia de las juntas flexibles no resistentes a esfuerzos axiales se deben cumplir los ensayos indicados en la tabla adjunta.

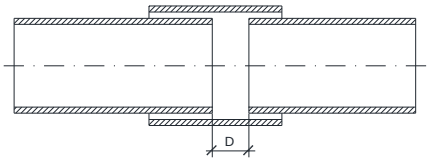
	Propiedad a ensayar	Ensayos a realizar	Presión de ensayo (bar)	Duración
1	Fuga inicial	Presión inicial	1,5 x PN	15 min.
2	Presión externa diferencial	Presión negativa	-0,8 bar (relativo a la P. atm. es decir 0,2 bar absolutos)	1 h
3.1	Desalineación y retracción	Presión estática positiva	2 x PN	24 h
3.2		Presión cíclica positiva	Atmosférica a 1,5xPN	10 ciclos de 1,5 min. a 3 min. cada uno
4.1	Desviación angular y retracción	Presión inicial	1,5 x PN	15 min.
4.2		Presión estática positiva	2 x PN	24 h

Toda esta batería de ensayos se realizará en el mismo conjunto tubo+junta del DN y PN escogido.

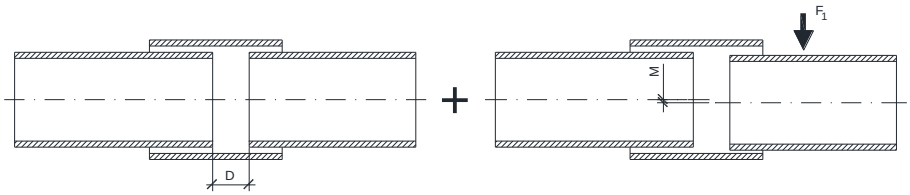
Dichos ensayos consisten, de forma simplificada, en lo siguiente:

1 Fuga inicial: Ensayo a realizar con los tubos alineados y sin ningún tipo de desalienación ni retracción.

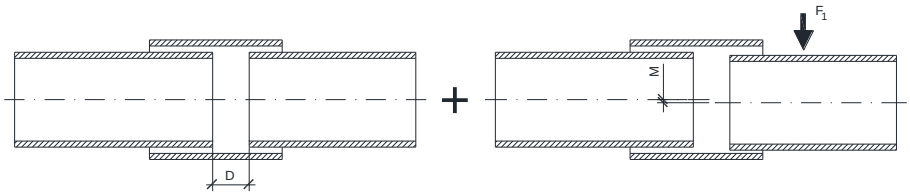
2 Presión externa diferencial: Dicho ensayo se realizará con el conjunto tubo+junta sometido a la retracción máxima declarada (D).



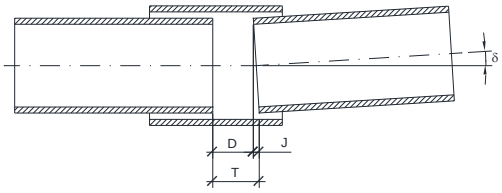
3.1 Desalineación y retracción /Presión estática positiva: Dicho ensayo se realizará con el conjunto tubo+junta sometido a la retracción máxima declarada (D) y a una fuerza F1 de 20N por mm de tamaño nominal DN (en milímetro).



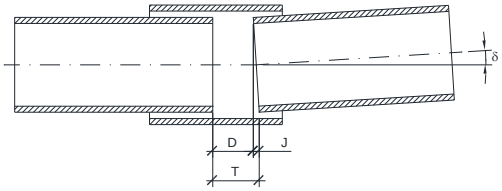
3.2 Desalineación y retracción /Presión cíclica positiva: Dicho ensayo se realizará con el conjunto tubo+junta sometido a la retracción máxima declarada (D) y a una fuerza F1 de 20N por mm de tamaño nominal DN (en milímetro).



4.1 Desviación angular y retracción /Presión inicial: Dicho ensayo se realizará con el conjunto tubo+junta sometido a la retracción total (T), igual a la retracción máxima declarada (D) más el movimiento longitudinal (J), resultante de la desviación angular aplicada.



4.2 Desviación angular y retracción /Presión estática positiva: Dicho ensayo se realizará con el conjunto tubo+junta sometido a la retracción total (T), igual a la retracción máxima declarada (D) más el movimiento longitudinal (J), resultante de la desviación angular aplicada.



En cuanto a la retracción (D), las juntas flexibles no resistentes a esfuerzos axiales deben poder cumplir los ensayos 4.1 y 4.2 cuando se aplica una retracción máxima (D), incluyendo la contracción de Poisson y los efectos de la temperatura, no inferior al mayor de los dos valores siguientes:

- El 0,3% de la longitud efectiva del tubo más largo con el que se va a utilizar la junta para tubos de presión.

- El valor máximo declarado por el fabricante.

Como referencia se consideran los siguientes valores de retracción (D) en función de la longitud de tubo a suministrar.

Longitud de tubo (m)	Valor de retracción máxima, D (mm)
6	18
12	36

Todo lo indicado en este apartado es válido para diámetros nominales (DN) inferiores a 1600 y presiones nominales (PN) de hasta 10. Para valores mayores estos ensayos podrán ser sustituidos por otras comprobaciones alternativas acordadas por el fabricante y la Dirección de Obra

Anexo I

Ensayo de dureza Barcol a largo plazo

El ensayo de dureza Barcol a largo plazo, se realizará tomando los valores directamente de las probetas analizadas en el ensayo de absorción de agua a largo plazo. Se tomarán medidas en 10 puntos de la parte interior de cada probeta. La normativa de medición y ensayo será la UNE 53270 o la ASTM D2583.

De las mediciones se extraerán los valores de la dureza a largo plazo, después de que las probetas hayan alcanzado la saturación (ensayos a largo plazo de al menos 2.000 horas), que deberán cumplir lo indicado en el Anexo E.

Anexo J

Ensayo de absorción de agua a largo plazo de la resina pura

No se emplearán resinas que presenten una absorción de agua a largo plazo (a saturación o al alcanzar las 2.000 horas) superior al 1,5 % en peso, determinada mediante el ensayo indicado a continuación.

Este ensayo se deberá realizar como ensayo de recepción de cada una de las resinas termoestables utilizadas en la fabricación de tuberías, en función de la distinta naturaleza y proveedor, y la frecuencia será de al menos una vez al año.

El ensayo se realizará según las siguientes especificaciones:

1 Material

La resina termoestable entrecruzada objeto de estudio debe ser la misma con la que se fabrica la tubería y poseer las mismas características. Esto significa que se debe asegurar que se alcance el mismo grado de conversión. Por ello, el procedimiento de curado aplicado debe ser aquel que asegure que la resina termoestable alcance un grado de conversión equivalente a la de la utilizada en la fabricación: una temperatura de deflexión bajo carga (HDT) de al menos 70 °C, una temperatura de transición vítrea (Tg) de al menos 35 °C para el caso del liner de tubos fabricados por centrifugación, y una dureza Barcol mínima de 38.

2 Probetas

Se ensayarán al menos tres probetas con dimensiones 50 x 50 x 2,05 mm de cada resina objeto de estudio. Es necesario asegurar la limpieza de superficie de las probetas de cualquier contaminante.

3 Procedimiento

- **Acondicionamiento de las probetas (secado)**

Es necesario asegurar que las probetas están secas antes de comenzar el ensayo. Primero, se pesan las probetas (con precisión mínima de 0,1 mg) y se colocan las probetas en una estufa a 50 ± 2 °C durante 24 horas. Se sacan las probetas, se dejan enfriar a temperatura ambiente (a ser posible en un desecador) y se vuelven a pesar. Si la diferencia de valor de pesada es mayor de 0,1 mg, es necesario mantener el secado durante un día más hasta peso

constante. Si ya han alcanzado peso constante, las probetas están secas para comenzar el ensayo de envejecimiento.

- **Ensayo de envejecimiento hidrotérmico**

- Se pesan las probetas con precisión 0,1 mg.
- Las probetas se introducen en el baño termostático con agua destilada a una temperatura de 23 ± 1 °C, con agitación, durante 24 horas. El volumen de agua debe ser superior a 300 ml por probeta o al menos 8 ml por cada cm^2 de superficie de material.
- Tras 24 horas de inmersión, sacar las probetas del baño termostático y eliminar cualquier resto superficial de agua con un paño limpio y seco o con papel de filtro.
- Pesar las probetas dentro del primer minuto siguiente a su extracción del agua.
- Los intervalos de medición serán cada 24, 48, 96, 192, 384, 768, 1536 y 2000 horas (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 83 días).
- Es necesario realizar pesadas hasta alcanzar la saturación o al menos 2.000 horas. La saturación se define como la repetición de tres pesadas consecutivas sin variación de masa superior a 0,05 %.
- Durante el ensayo se debe asegurar que el contenido de agua es el adecuado, pudiéndose reponer con más agua destilada, asegurando la temperatura, 23 ±1 °C.

4 Resultados

El porcentaje de agua absorbida se define como:

$$\% \text{ agua} = \frac{(mt - m0)}{m0} : 100$$

% agua Porcentaje de agua absorbida a un tiempo dado.

mt Masa de la probeta a un tiempo dado.

m0 Masa de la probeta antes de la inmersión en agua y después del proceso inicial de secado.

Se llama porcentaje en agua de saturación al contenido máximo de agua absorbido cuando la muestra alcanza la saturación. El resultado se expresa como media aritmética de los tres valores obtenidos en mismo tiempo de exposición y como error será la desviación estándar (media ± desviación estándar).

Con este ensayo se determinará el contenido máximo de absorción de agua a saturación, así como la curva de absorción de agua, representada como el porcentaje de agua en función del tiempo de exposición.

Comentarios

Debido a que la norma en la que se basa este ensayo, la UNE-EN ISO 62 (Plásticos: Determinación de la absorción de agua), es bastante genérica y permite multitud de variables, se decide fijar y establecer las condiciones experimentales del procedimiento para realizar el ensayo de absorción en resina pura. Este procedimiento es más restrictivo que la citada Norma y, por tanto, la cumple.

Anexo K

Ensayo de absorción de agua a largo plazo del producto de PRFV terminado

El valor de la absorción de agua a largo plazo (a saturación) en los productos de PRFV ya terminados deberá ser inferior o igual al 1,25 % en peso, y se verificará conforme a lo especificado a continuación.

Debido a la gran variedad de tuberías con diámetros distintos que se fabrican, se propone que este ensayo se realice en varios grupos de espesor, según los siguientes espesores:

- Grupo de espesor 1: espesor ≤ 10 mm
- Grupo de espesor 2: 10 mm < espesor ≤ 20 mm
- Grupo de espesor 3: 20 mm < espesor ≤ 30 mm
- Grupo de espesor 4: 30 mm < espesor

El ensayo se realizará según las siguientes especificaciones:

1 Material

Cada uno de los laminados utilizados en la fabricación de tuberías.

2 Probetas

De cada laminado se cortan tres probetas con dimensiones de longitud y ancho 61 ± 1 mm. El espesor será variable y vendrá determinado por el espesor de la tubería. Es importante realizar el corte con cuidado de no provocar delaminación, ni defectos superficiales, especialmente en las dos caras paralelas objeto de estudio.

Los bordes deben estar libres de fisuras. El corte puede hacerse por mecanizado o sierra. Se recomienda la realización de un posterior biselado para evitar posibles defectos posteriores con la manipulación de las probetas.

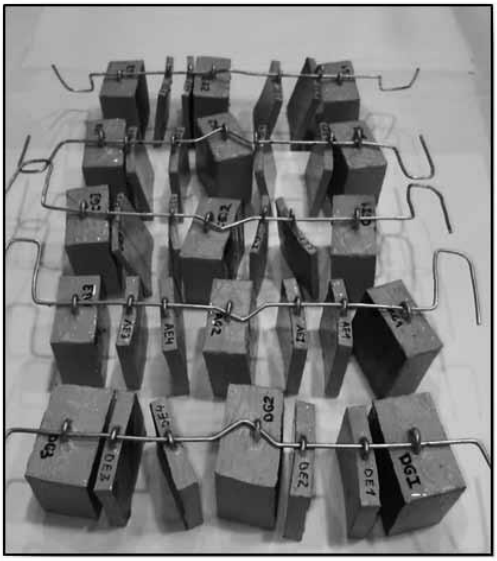
Es necesario limpiar la superficie de las probetas de cualquier contaminante, asegurando la estabilidad del material. Se pueden usar diferentes disolventes que no afecten al material y posean bajo punto de ebullición, como etanol. Se deben retirar todos los restos de viruta generados en el corte y evitar la presencia de marcas de rotulador, etc. en las superficies objeto de estudio.

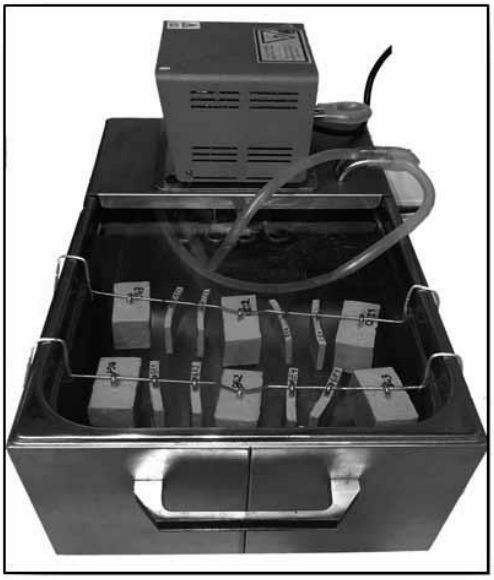
3 Procedimiento

- **Colocación del puente de sujeción**

Para asegurar la completa inmersión de las superficies de ensayo de las probetas en agua, éstas se deberían colocar suspendidas o colgadas. Para ello, se propone fabricar un puente de sujeción, del que se colgarán las probetas a través de un gancho colocado en el borde de la probeta (ver Foto).

Propuesta de enganche de las probetas para su inmersión en agua.





La colocación del gancho se puede realizar mediante el pegado con un adhesivo o mediante un pequeño orifico de baja profundidad realizado siempre en lateral o borde de la probeta. La probeta suspendida del gacho debe dejar un espacio igual o superior a 1 cm del fondo del baño. Esta disposición permite garantizar de forma equitativa el acceso del agua dentro del baño por ambas caras de ensayo de las probetas. La colocación del puente de lado a lado, con las probetas suspendidas en vertical en una posición fija, garantiza que el movimiento del agua dentro del baño.

Es importante que se asegure que todos los materiales utilizados en este proceso sean estables, es decir, que no sufran corrosión durante la inmersión en agua durante varios meses. Por ello, se recomienda el uso de acero inoxidable AISI 304 o equivalentes.

- Secado de las probetas

Colocado el gancho, se procede al secado de las probetas. Para ello se necesita una estufa, que alcance al menos una temperatura de 50 °C. Se recomienda una estufa con ventilación forzada de aire o incluso con capacidad de extracción de aire, es decir, estufa de vacío.

Se pesan las probetas y se colocan en una estufa a 50 ± 2 °C durante 24 h. Se sacan las probetas, se dejan enfriar a temperatura ambiente (a ser posible en un desecador) y se vuelven a pesar. Si la diferencia de valor de pesada es mayor de 0,2 mg (o 1 mg en probetas tipo 4) es necesario mantener el secado durante un día más hasta peso constante. La experiencia con estos materiales es que pueden llegar a peso constante después de más de una semana en la estufa. Por ello, se propone hacer una pesada a las 24 h de secado, pasados los 7 días y a partir de ahí, cada 24 h hasta peso constante.

Cuando se alcanza el peso constante, las probetas están secas y se deben almacenar en un desecador en el que previamente se introduzca un agente desecante higroscópico.

- Sellado de las probetas

Al ser un material anisótropo en capas, se debe proceder al sellado de los bordes o cantos. Para ello, después del secado en estufa, las probetas se deben dejar reposar a temperatura ambiente (no superior a 23 °C) en el desecador durante al menos 2 horas.

Antes del sellado, se recomienda aplicar una imprimación que tenga efecto sellante y tapa-poros. Posteriormente, se sellan los cantos de cada probeta con adhesivo o sellante de muy baja absorción de agua (< 0,5 % en peso), que asegure estanqueidad durante el ensayo. Este producto puede ser base epoxi, siloxánico o poliuretano, siempre que su tratamiento de curado o secado no implique elevar la temperatura por encima de 80 °C, para que no modifique las características de la resina del sustrato objeto de estudio.

Una vez terminado el proceso de secado del sellante, las probetas se almacenan en el desecador hasta el comienzo del ensayo.

- **Acondicionamiento del baño**

Antes de comenzar el ensayo se deben preparar las guías o tendederas de las que se colgarán las probetas durante su inmersión en agua (ver Foto). Deben fabricarse de material resistente a la inmersión en agua a 23 °C durante largos periodos de tiempo. Por eso, se aconseja acero inoxidable AISI 304 o equivalentes.

Se debe asegurar que las guías soportan el peso de las probetas. Si se van a colocar varias probetas sobre la misma guía, se recomienda hacer unas muescas de forma que se asegure la posición de cada probeta y, por tanto, que ninguna queda en contacto ni con otra probeta, ni con las paredes del baño.

Por otro lado, se aconseja colocar una tapa al baño para evitar la evaporación de agua. El baño se deberá rellenar de agua, al menos una vez a la semana, para asegurar que las probetas siguen totalmente inmersas en agua. Debido al uso de agua destilada y el largo periodo de tiempo del ensayo, es previsible que aparezcan bacterias y otros microorganismos asociados al agua estancada. Esto se aprecia por el aumento de viscosidad del agua, la presencia de manchas, cambio de coloración, etc. Por ello, en caso de aparición de estos fenómenos, se recomienda cambiar el agua completamente al menos cada 45 días mientras dure el ensayo.

Es importante asegurar una correcta agitación del agua en el baño.

- **Ensayo de envejecimiento hidrotérmico**

– Se pesan las probetas con precisión 0,1 mg. Se acepta para probetas de un peso superior a 200 g balanzas con precisión 1 mg.

– Las probetas se introducen en el baño termostático con agua destilada a una temperatura de 23 ± 1 °C, con agitación, durante 24 horas. El volumen de agua debe ser superior a 300 ml por probeta o al menos 8 ml por cada cm2 de superficie de material.

– Tras 24 horas de inmersión, sacar las probetas del baño termostático y eliminar cualquier resto superficial de agua con un paño limpio y seco o con papel de filtro.

– Se debe esperar al menos 30 minutos antes de pesar para estabilizar la pesada. Durante este tiempo, asegurar mantener las probetas en un lugar limpio y seco.

– Los intervalos de medición serán cada 1, 2, 4, 8, y en adelante cada 7 días.

- Es necesario realizar pesadas hasta alcanzar la saturación. Teniendo en cuenta estudios previos y como referencia comparativa, se fija un valor de tiempo de exposición mínimo de 2.500 horas, siempre que los datos experimentales presenten una tendencia similar a la indicada en la norma UNE-EN ISO 62.

4 Resultados

El porcentaje de agua absorbida se define como:

$$\% \text{ agua} = \frac{(mt - m0)}{m0} . 100$$

% agua Porcentaje de agua absorbida a un tiempo dado.

mt Masa de la probeta a un tiempo dado.

m0 Masa de la probeta antes de la inmersión en agua y después del proceso inicial de secado.

Se llama porcentaje en agua de saturación al contenido máximo de agua absorbido cuando la muestra alcanza la saturación. El resultado se expresa como media aritmética de los tres valores obtenidos en mismo tiempo de exposición y como error será la desviación estándar (media ± desviación estándar).

Con este ensayo se determinará el contenido máximo de absorción de agua a saturación, así como la curva de absorción de agua, representada como el porcentaje de agua absorbida en función del tiempo de exposición.

<u>Comentarios</u>

1. La definición de saturación indicada en este apartado es consecuencia de que, debido a la naturaleza en varias capas de los productos ensayados, puede ocurrir que durante el ensayo se aprecien falsas saturaciones (plateau en las curvas de absorción), correspondientes a la saturación en agua de las capas externas.

2. Debido a que la norma en la que se basa este ensayo, la UNE-EN ISO 62 (Plásticos: Determinación de la absorción de agua), es bastante genérica y permite multitud de variables, se decide fijar y establecer las condiciones experimentales del procedimiento para realizar el ensayo de absorción en el laminado. Este procedimiento es más restrictivo que la citada Norma.

Anexo L

Ensayo de resistencia química a pH ácido y básico

Este ensayo consiste en comprobar que no se producen daños en el tubo tras aplicar tanto un ácido con pH ≤ 4 como una base con pH ≥ 9 sobre la superficie exterior de una sección de tubo. Para la obtención de los líquidos ácidos y básicos de este ensayo, se pueden seguir los procedimientos descritos en la Norma UNE-EN 14030.

La zona expuesta se encontrará en un aro de tubo, ya que al final del ensayo se efectuará un ensayo mecánico de presión de fallo inicial (resistencia a tracción circunferencial).

El ensayo se realizará según las siguientes especificaciones:

- Solución para el ambiente ácido: Ácido sulfúrico de 0,025 Molar.
- Solución para el ambiente básico: Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) en suspensión saturada (>2,5 g por litro).
- Temperatura de ensayo: 60 °C.
- Tiempo de exposición de la superficie exterior del tubo a los líquidos: 3 días.
- El líquido se protege frente a la luz, cubriendo los recipientes de sustancia con papel de plata.
- La base se agita mecánicamente de forma continua, y manualmente cada 2 horas.
- El ácido se agita manualmente cada 2 horas.

Después de la exposición de la superficie exterior de las probetas a las sustancias, se inspecciona el aspecto visual y se cortan 3 probetas de las zonas expuestas y de la zona no expuesta para hacer ensayos de presión de fallo inicial (tracción circunferencial según ISO 8521).

El área expuesta se posiciona en la zona esperada de rotura La zona afectada se revisará visualmente y si no presenta ningún daño reseñable (fisuras, zonas blanquecinas o pérdidas de resina), se ensayará mecánicamente.

Se exige que el valor del ensayo de presión de fallo inicial no baje un valor superior al 20 % de la resistencia inicial.

Comentarios

1. En los casos en que sea necesario el cumplimiento de requisitos más estrictos respecto a los valores de pH (como por ejemplo en tubos en contacto con hormigón), se adaptarán los ensayos de manera que se garantice el cumplimiento de dichos requisitos.

2. La Norma UNE-EN 14030 se refiere a geotextiles, pero los procedimientos para la obtención de los líquidos de ensayo (ácido y básico) también son válidos para este ensayo sobre productos de PRFV.

Anexo M

Ensayo de deflexión en condiciones de pH ácido y básico

Este ensayo se realizará siguiendo el procedimiento que indica la Norma ISO 10471, cuyo objetivo es obtener el valor del alargamiento de la pared del tubo en rotura y en condiciones de humedad bajo deflexión circunferencial.

Para determinar el comportamiento de las tuberías de PRFV en entornos ácidos, básicos y acuosos, se realizarán los ensayos siguiendo el procedimiento indicado en el párrafo anterior pero sumergiendo las probetas en medios ácido (pH ≤ 4), básico (pH ≥ 9) y neutro (acuoso), éste último según indica la Norma ISO 10471.

El valor Sb en cada una de las muestras se obtendrá a partir de una curva de regresión formada por una nube de al menos 18 puntos. La duración de este ensayo para cada probeta, según la carga aplicada, puede oscilar entre 10 y 10.000 horas (14 meses).

Con los resultados obtenidos se obtendrán los coeficientes de regresión de la deflexión a largo plazo (RR, dv), que se emplearán en el diseño mecánico de las tuberías de PRFV enterradas para agua a presión.

<u>Comentarios</u>

1. En los casos en que sea necesario el cumplimiento de requisitos más estrictos respecto a los valores de pH (como por ejemplo en tubos en contacto con hormigón), se adaptarán los ensayos de manera que se garantice el cumplimiento de dichos requisitos.

2. Se puede obtener información complementaria para este tipo de ensayos en la Norma AWWA C950. En su sección 4.8, establece un ensayo en condiciones ácidas y básicas, especificando que se debe realizar según la Norma ASTM D5365.

Anexo N

Modificaciones

En caso de cambios de diseño, se deberán realizar los ensayos, según la frecuencia que se indica en las tablas 1 y 2.

Tabla 1- Condiciones para el cambio de diseño

Características	Frecuencia
Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño
Resistencia al fallo a largo plazo en condiciones de flexión	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño
Presión de fallo a largo plazo	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño
Resistencia a la corrosión en deformación (solo tubos de saneamiento)	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño
Comportamiento de las uniones	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño
Resistencia a fatiga	Inicialmente y cada vez que se cambie de diseño

En caso de cambios en materiales, se deberán realizar los ensayos, tal y como se recoge en la tabla 2

Tabla 2- Cambios en materiales que requieren ensayos de homologación

	REFUERZOS (FIBRA)	RESINAS ESTRUCTURA	RESINA LINER	CARGAS O ADITIVOS
Ensayo reducido de Determinación de la presión de fallo (RLTT, 2000 h)	Cambios en proveedor	Cambios en proveedor	N/A	Tipo de material (arena, carbonato, gravilla)
	Cambios en ensimaje	Tipo de resina	N/A	Granulometría
Ensayo LP reducido resistencia a tensión por corrosión (RLTT)	Tipo de vidrio (A, C, E, etc.)	N/A	Cambios en proveedor	N/A
	N/A	N/A	Tipo de resina	N/A

CAMBIOS EN DISEÑO DE LA UNIÓN: Cambios en geometría de la unión o de la junta, y cambios en dureza de la junta elastomérica.