

3 Propiedades de los materiales

3.1 Características y ventajas de los materiales

Durante más de 30 años, el polipropileno random copolímero (PP-R) ha sido utilizado con éxito en agua fría y caliente sanitaria en instalaciones en muchos países. La combinación de sus propiedades, como resistencia a la presión interna, al impacto, y elasticidad le han convertido en el material de elección para la realización de instalaciones higiénicas y seguras, también en el largo plazo, en la gestión del agua doméstica, como distribuciones de ACS, calefacción por suelo radiante, calefacción por radiadores, o calefacción y refrigeración mediante sistemas de pared.

No es de sorprender que durante las últimas décadas haya habido un continuo proceso de sustitución de los materiales tradicionales, como el hierro y el cobre.



Ilustración 3.1

+ Beneficios de los sistemas de tuberías PP-R:

- Vida de servicio de acuerdo a pruebas realizadas bajo norma ISO 15874
- No hay limitaciones al valor del pH del agua
- Sin corrosión por contacto cuando se expone a partículas de hierro
- Sin olores ni sabores
- Bacteriológicamente neutral
- Rápida y fácil instalación
- Sistemas plásticos completos disponibles
- Buena resistencia química
- Baja tendencia a las incrustaciones

Propiedades	Valor	Unidad	Método de ensayo
Peso específico	905	kg/m ³	ISO 1133
Índice de fluidez	≤ 0,5	g/10 min.	ISO 1133
230°C/2.16 kg			
190°C/5 kg	≤ 0,8	g/10 min.	
Módulo de flexión	800	MPa	ISO 178
(2 mm/min)			
Módulo de elasticidad	900	MPa	ISO 527
(1 mm/min)			
Resistencia a la tracción	25	MPa	ISO 527
(50 mm/min)			
Alargamiento en la rotura	13,5	%	ISO 527
(50 mm/min)			
Resistencia al impacto (Charpy)			ISO 179/1eU
23°C	sin rotura	kJ/m ²	
0°C	sin rotura	kJ/m ²	
-20°C	40	kJ/m ²	
Resiliencia			ISO 179/1eA
(Charpy)		kJ/m ²	
23°C	20	kJ/m ²	
0°C	3,5	kJ/m ²	
-20°C	2	kJ/m ²	
Dilatación térmica	1,5 * 10 ⁻⁴	1/K	DIN53752
expansion			
Coefficiente de conductividad	0,24	W/m.K	DIN52612
térmica			
Calor específico	2	J/g.K	calorímetro

Tabla 3.1 Propiedades térmicas y mecánicas del polipropileno

3.1.1 Resistencia química del PP introducción

La tabla 3.2 resume los datos que figuran en una serie de tablas de resistencia química del polipropileno, actualmente en uso en diferentes países, derivados tanto de la experiencia práctica como de resultados obtenidos en laboratorio (fuente: ISO / TR 10358).

La tabla contiene una evaluación de la resistencia química a una serie de fluidos que se consideran ya sea agresivos o no hacia el polipropileno. Esta evaluación se basa en valores obtenidos por inmersión de muestras de ensayo de polipropileno en el líquido de que se trate a 20, 60 y 100°C y presión atmosférica, seguido en algunos casos por la determinación de características de tracción. Una clasificación posterior se establece con respecto a un número restringido de líquidos que se consideran técnica o comercialmente importantes, y el uso de equipos que permite la inspección de acuerdo con la presión y el coeficiente de resistencia química para cada fluido. Estas pruebas proporcionan indicaciones más completas sobre el uso de las tuberías de polipropileno para el transporte de los fluidos indicados, incluyendo su uso bajo presión.

Objeto y campo de aplicación

Este documento establece una clasificación de la resistencia química del polipropileno con respecto a unos 180 fluidos. Su misión es proporcionar directrices generales sobre la posible utilización de tuberías de polipropileno en la conducción de fluidos:

- A temperaturas de hasta 20, 60 y 100°C
- En ausencia de presión interna y tensión mecánica externa (por ejemplo, tensiones de flexión, empujes de tierras, cargas rodantes, etc)

Propiedades de los materiales

Definiciones, símbolos y abreviaturas

Los criterios de clasificación, definiciones, símbolos y abreviaturas adoptados en este documento son los siguientes:

S = Satisfactorio

La resistencia química del polipropileno que se expone a la acción de un fluido se clasifica como 'satisfactoria' cuando los resultados de la prueba se reconocen como 'satisfactorios' por la mayoría de los países participantes en la evaluación.

L = Limitada

La resistencia química del polipropileno que se expone a la acción de un fluido se clasifica como 'limitada' cuando los resultados de las pruebas se consideran 'limitados' por la mayoría de los países participantes en la evaluación. También clasifican como 'limitado' las sustancias que han obtenido un número igual de resultados 'S' y 'NS' o 'L'.

NS = No satisfactorio

La resistencia química del polipropileno que se expone a la acción de un fluido se clasifica como 'no satisfactoria', cuando los resultados de las pruebas resultan ser 'no satisfactorios' para la mayoría de los países participantes en la evaluación.

También se clasificaron como 'no satisfactorios' aquellos materiales para los que los resultados 'L' y 'NS' se pronuncian en la misma medida.

Solución saturada: solución acuosa saturada, preparada a 20°C.

Solución acuosa: solución acuosa a una concentración superior al 10%, pero no saturada.

Solución acuosa diluida: solución acuosa diluida a una concentración igual o inferior al 10%.

Concentración de trabajo: Solución saturada: solución acuosa que tiene la concentración habitual para el uso industrial.

Las concentraciones de las soluciones presentadas en el texto se expresan como porcentaje en masa. Las soluciones acuosas de los productos químicos poco solubles se consideran soluciones saturadas. Este documento utiliza los nombres químicos comunes.



La evaluación de la resistencia química del polipropileno (tabla 3.2) se basa en PP no sometido a tensión mecánica. El Polipropileno sometido a tensión mecánica puede comportarse diferente y mostrar diferentes resultados.



Si considera el uso de otros productos químicos o diferentes concentraciones o temperaturas, puede ponerse en contacto con la Oficina de Ventas de Polysan/Wefatherm.

Compuesto químico	Concentración	Temperatura°C		
		20	60	100
Ácido acético	Hasta 40%	S	S	-
Aceite de alcanfor	100%	NS	NS	NS
Aceite de almendras	100%	S	-	-
Aceite de cacahuete		S	S	-
Aceite de coco		S	-	-
Aceite de linaza		S	S	S
Aceite de maíz		S	L	-
Aceite de menta		S	-	-
Aceite de oliva		S	S	L
Aceite de parafina (F65)	100%	S	L	NS
Aceite de ricino	100%	S	S	-
Aceite de semilla de algodón		S	S	-
Aceite de silicona		S	S	S
Aceite de soja		S	L	-
Acetato de amilo	100%	L	-	-
Acetato de amonio	Sat.sol.	S	S	-
Acetato de butilo	100%	S	L	L
Acetato de etilo	100%	L	NS	NS
Acetato de metilo	100%	S	S	-
Acetato de sodio	Sat.sol.	S	S	S
Acetofenona	100%	S	L	-
Acetona	100%	S	S	-
Ácido acético	50%	S	S	-
Ácido acético glacial	Mayor 96%	S	L	NS
Ácido benzoico	Sat.sol.	S	-	-
Ácido bórico	Sat.sol.	S	-	-
Ácido bromhídrico	Hasta 48%	S	L	NS
Ácido cítrico	10%	S	S	S
Ácido clorhídrico	Desde 10 hasta 20%	S	S	-
Ácido clorhídrico	Desde 35 hasta 36%	S	-	-
Ácido clorhídrico	30%	S	L	L
Ácido clorhídrico	Desde 2 hasta 7%	S	S	S
Ácido cloroacético	Sol.	S	-	-
Ácido clorosulfónico	100%	NS	NS	NS
Ácido crómico	Hasta 40%	S	L	NS
Ácido dicloroacético	100%	L	-	-
Ácido diglicólico	Sat.sol.	S	-	-
Ácido fluorhídrico	Dil.sol.	S	-	-
Ácido fluorhídrico	40%	S	-	-

Compuesto químico	Concentración	Temperatura°C		
		20	60	100
Ácido fórmico	10%	S	S	L
Ácido fórmico	85%	S	NS	NS
Ácido fórmico, anhídrido	100%	S	L	L
Ácido fosfórico	25%	S	S	S
Ácido fosfórico	Desde 25 hasta 85%	S	S	S
Ácido glicólico	30%	S	-	-
Ácido láctico	Hasta 90%	S	S	-
Ácido málico (Subl.)	Sol.	S	S	-
Ácido monocloraacético	Mayor 85%	S	S	-
Ácido nítrico	30%	S	-	-
Ácido nítrico	10%	S	NS	NS
Ácido nítrico	Desde 40 hasta 50%	L	NS	NS
Ácido nítrico, fumante (con dióxido de nitrógeno)		NS	NS	NS
Ácido oleico	100%	S	L	-
Ácido oxálico (Subl.)	Sat.sol.	S	L	NS
Ácido perclórico	(2N)	S	-	-
Ácido picrico (Subl.)	Sat.sol.	S	-	-
Ácido propiónico	Mayor 50%	S	-	-
Ácido succínico	Sat.sol.	S	S	-
Ácido sulfúrico	Desde 10 hasta 30%	S	S	-
Ácido sulfúrico	50%	S	L	L
Ácido sulfúrico	96%	S	L	NS
Ácido sulfúrico	98%	L	NS	NS
Ácido sulfúrico	Hasta 10%	S	S	S
Ácido sulfúrico fumante ("oleum")		NS	NS	NS
Ácido sulfuroso	Sol.	S	-	-
Ácido tartárico (Dec.)	10%	S	S	-
Ácido tricloroacético	Hasta 50%	S	S	-
Acrlonitrilo	100%	S	-	-
Agua regia	HCl/HNO3=3/1	NS	NS	NS
Agua, de mar		S	S	S
Agua, destilada	100%	S	S	S
Agua, salobre, mineral, potable		S	S	S
Aire		S	S	S
Alcohol amílico	100%	S	S	S
Alcohol bencílico	100%	S	L	-
Alcohol etílico	Hasta 95%	S	S	S

Propiedades de los materiales

Compuesto químico	Concentración	Temperatura°C			Compuesto químico	Concentración	Temperatura°C		
		20	60	100			20	60	100
Alcohol isopropílico	100%	S	S	S	Gasolina (combustible)		NS	NS	NS
Alcohol metílico	100%	S	L	L	Gelatina	Sol.	S	S	-
Alumbre	Sat.sol.	S	S	-	Glicerina	100%	S	S	S
Alumbre de cromo (sulfato de cromo-potasio)	Sol.	S	S	-	Glucosa	20%	S	S	S
Amoniaco, acuoso	Hasta 30%	S	S-	-	Heptano	100%	L	NS	NS
Amoniaco, gas seco	100%	S	-	-	Hexano	100%	S	L	-
Amoniaco, líquido	100%	S	-	-	Hidrógeno	100%	S	-	-
Amonio hidróxido	Sat.sol.	S	-	-	Hidrogenocarbonato de amonio	Sat.sol.	S	S	-
Anhidrido acético	100%	S	-	-	Hidrogenocarbonato de sodio	Sat.sol.	S	S	S
Anilina	100%	S	-	-	Hidrogenosulfato de sodio	Sat.sol.	S	S	-
Benceno	100%	L	NS	NS	Hidrogenosulfato de sodio	Sol.	S	-	-
Benzoato de sodio	35%	S	-	-	Hidróxido de bario	Sat.sol.	S	-	S
Bicarbonato de potasio	Sat.sol.	S	S	-	Hidróxido de calcio	Sat.sol.	S	S	-
Borato de potasio	Sat.sol.	S	S	-	Hidróxido de potasio	Hasta 50%	S	S	S
Borax	Sol.	S	S	-	Hidróxido de sodio	1%	S	S	S
Bromato de potasio	Hasta 10%	S	S	-	Hidróxido de sodio	Desde 10 hasta 60%	S	S	S
Bromo, gas	L	NS	NS	NS	Hipoclorito de calcio	Sol.	S	-	-
Bromo, líquido	100%	NS	NS	NS	Hipoclorito de sodio	5%	S	-	-
Bromuro de potasio	Sat.sol.	S	S	-	Hipoclorito de sodio	10%	S	-	-
Bromuro metílico	100%	NS	NS	NS	Hipoclorito de sodio	20%	S	-	-
Butano, gas	100%	S	-	-	Iodo, en alcohol	S	-	-	-
Butilfenoles	Sat.sol. fría	S	-	-	Ioduro de potasio	Sat.sol.	S	-	-
Butilglicol	100%	S	-	-	Isooctano	100%	L	NS	NS
Carbonato de bario	Sat.sol.	S	S	S	Isopropil éter	100%	L	-	-
Carbonato de calcio	Sat.sol.	S	S	S	Lanolina	S	S	L	-
Carbonato de magnesio	Sat.sol.	S	S	S	Leche	S	S	S	S
Carbonato de potasio	Sat.sol.	S	-	-	Levadura	Sol.	S	S	S
Carbonato de sodio	Hasta 50%	S	L	L	Mercurio	100%	S	S	-
Cianuro de mercurio (II)	Sat.sol.	S	S	-	Metafosfato de amonio	Sat.sol.	S	S	-
Cianuro de potasio	Sol.	S	-	-	Metafosfato de sodio	Sol.	S	-	-
Ciclohexano	100%	S	-	-	Metil etil cetona	100%	S	-	-
Ciclohexanol	100%	S	L	-	Metilamina	Hasta 32%	S	-	-
Ciclohexanona	100%	L	NS	NS	Nafta	S	NS	NS	NS
Clorato de potasio	Sat.sol.	S	S	-	n-Butanol	100%	S	L	L
Clorato de sodio	Sat.sol.	S	-	-	Nitrato de amonio	Sat.sol.	S	S	S
Clorito de sodio	2%	S	L	NS	Nitrato de calcio	Sat.sol.	S	S	-
Clorito de sodio	20%	S	L	NS	Nitrato de cobre (II)	30%	S	S	S
Cloro, acuoso	Sat.sol.	S	L	-	Nitrato de níquel	Sat.sol.	S	S	-
Cloro, gas seco	100%	NS	NS	NS	Nitrato de plata	Sat.sol.	S	S	L
Cloro, líquido	100%	NS	NS	NS	Nitrato de potasio	Sat.sol.	S	S	-
Cloroetano	100%	S	-	-	Nitrato de sodio	Sat.sol.	S	S	-
Cloroformo	100%	L	NS	NS	Nitrato mercurioso	Sol.	S	S	-
Cloruro de amonio	Sat.sol.	S	-	-	Nitrobenceno	100%	S	L	-
Cloruro de bario	Sat.sol.	S	S	S	Oxícloruro de fósforo	100%	L	-	-
Cloruro de calcio	Sat.sol.	S	S	S	Oxígeno, gas	100%	S	-	-
Cloruro de cobre (II)	Sat.sol.	S	S	-	Perborato de sodio	Sat.sol.	S	-	-
Cloruro de estaño (II)	Sat.sol.	S	S	-	Perclorato de potasio	10%	S	S	-
Cloruro de estaño (IV)	Sat.sol.	S	S	-	Permanganato de potasio	(2N)	S	-	-
Cloruro de etilo, gas	100%	NS	NS	NS	Peróxido de hidrógeno	Hasta 10%	S	-	-
Cloruro de hidrógeno, gas seco	100%	S	S	-	Peróxido de hidrógeno	Hasta 30%	S	L	-
Cloruro de magnesio	Sat.sol.	S	S	-	Persulfato de potasio	Sat.sol.	S	-	-
Cloruro de mercurio (II)	Sat.sol.	S	S	-	Piridina	100%	L	-	-
Cloruro de metileno	100%	L	NS	NS	Propano, gas	100%	S	-	-
Cloruro de níquel	Sat.sol.	S	S	-	Silicato de sodio	Sol.	S	S	-
Cloruro de potasio	Sat.sol.	S	-	-	Sosa cáustica	Hasta 50%	S	L	L
Cloruro de sodio	Sat.sol.	S	S	S	Sulfato de amonio	Sat.sol.	S	S	S
Cloruro de zinc	Sat.sol.	S	S	-	Sulfato de bario	Sat.sol.	S	S	S
Cresoles	Mayor 90%	S	-	-	Sulfato de cobre (II)	Sat.sol.	S	S	-
Cromato de potasio	Sat.sol.	S	S	-	Sulfato de magnesio	Sat.sol.	S	S	-
Decalina	100%	NS	NS	NS	Sulfato de níquel	Sat.sol.	S	S	-
Dextrina	Sol.	S	S	-	Sulfato de potasio	Sat.sol.	S	-	-
Dextrosa	Sol.	S	S	-	Sulfato de sodio	Sat.sol.	S	S	-
Dicloroetilenos	100%	L	-	-	Sulfato de zinc	Sat.sol.	S	S	-
Dicloruro de etileno	L	L	L	-	Sulfuro de sodio	40%	S	S	S
Dicromato de sodio	Sat.sol.	S	S	S	Sulfuro de hidrógeno, gas seco	100%	S	S	-
Dietanolamina	100%	S	-	-	Sulfuro de sodio	Sat.sol.	S	-	-
Dietil éter	100%	S	L	-	Tetracloruro de carbono	100%	NS	NS	NS
Dietilenglicol	100%	S	S	-	Tetrahidrofurano	100%	L	NS	NS
Dimetilamina, gas	100%	S	-	-	Tetralina	100%	NS	NS	NS
Dimetilformamida	100%	S	-	-	Tiofeno	100%	S	L	-
Dioxano	100%	L	L	-	Tiosulfato de sodio (hiposulfito)	Sat.sol.	S	-	-
Dióxido de azufre, gas seco o húmedo	100%	S	S	-	Tolueno	100%	L	NS	NS
Dióxido de carbono, gas húmedo	100%	S	S	-	Trementina	NS	NS	NS	NS
Dióxido de carbono, gas seco	100%	S	S	-	Tricloroetileno	100%	NS	NS	NS
Disulfuro de carbono	100%	S	NS	NS	Trietanolamina	Sol.	S	-	-
Etanolamina	100%	S	-	-	Urea	Sat.sol.	S	-	-
Éter de petróleo (ligroina)	L	L	L	-	Vinagre	S	S	-	-
Etilenglicol	100%	S	S	S	Vinos y licores	S	-	-	-
Fenol	5%	S	S	-	Whisky	S	-	-	-
Fenol	90%	S	-	-	Xilenos	100%	NS	NS	NS
Fluoruro de amonio	Hasta 20%	S	S	-	Zumo de fruta	S	S	S	S
Fluoruro de potasio	Sat.sol.	S	S	-	Zumo de manzana	S	-	-	-
Formaldehído	40%	S	-	-					
Fosfato de amonio	Sat.sol.	S	-	-					
Fosfato de sodio, neutro	Sat.sol.	S	S	S					
Fructosa	Sol.	S	S	S					
Ftalato de butilo	100%	S	L	L					
Ftalato de dibutilo	100%	S	L	NS					
Ftalato de diisooctilo	100%	S	L	-					
Ftalato de dioctilo	100%	L	L	-					

Tabla 3.2 Resistencia química del polipropileno no sometido a esfuerzos mecánicos, frente a diversos fluidos a 20°C, 60°C, y 100°C

Propiedades de los materiales

La sensibilidad a desinfectantes en agua clorada

El polipropileno es, por naturaleza, sensible a agentes oxidantes fuertes y en particular al cloro. Su resistencia química a una alta concentración de cloro en la forma de dióxido de cloro o hipoclorito de sodio no es satisfactoria. Sin embargo, estas sustancias de cloro se dosifican en soluciones acuosas a bajas concentraciones y a 20°C. Esto reduce el impacto en el polipropileno. El material PP-RCT muestra una mejor resistencia frente a soluciones acuosas de cloro gracias a sus paquetes de estabilización del estado del arte de la tecnología, que posibilitan su fina estructura cristalina.



Ilustración 3.2 Ejemplos de la degradación de los patrones observados en las tuberías de PP-R en su superficie interna, expuesta a alta concentración de dióxido de cloro o hipoclorito de sodio

Para proteger a los consumidores de contaminaciones de microbios y virus transmitidas por el agua, la mayoría de los países europeos cuentan con directrices claras y recomendaciones para sistemas de tuberías de instalaciones sanitarias. Entre varios puntos críticos, esto se especifica claramente:

- El contenido de cloro en el agua sanitaria debe estar en el rango desde 0,3 hasta 1 ppm
- Desinfectantes recomendados NaOCl, ClO₂, CaCO₂
- Condiciones prescritas de tratamiento para la desinfección térmica y química
- Tratamiento de choque / tratamiento continuo

Tratamiento de choque

El tratamiento de choque se implementa como un modo curativo cuando los niveles de patógenos críticos superan las concentraciones máximas según lo establecido por las autoridades sanitarias. El tratamiento de choque se puede realizar puntualmente en caso de emergencia. Sin embargo, el número de tratamientos de choque no debe exceder un tiempo acumulado de 120 horas en el curso de la vida del sistema de tuberías.

Tratamiento continuo

El tratamiento continuo es una técnica de rutina, aplicada ampliamente en los hospitales para prevenir el desarrollo de microorganismos en el agua sanitaria.

Nosotros recomendamos:

- El Tratamiento de choque químico no debe ejecutarse en combinación con el tratamiento térmico
- En cualquier parte del sistema de tuberías de temperatura, la concentración de los desinfectantes y la duración del tratamiento no debe exceder los valores recomendados
- La desinfección debe ser realizada por personal con habilidades adecuadas
- Las condiciones de tratamiento, es decir, el desinfectante, la concentración, duración, temperatura, presión, etc deben estar debidamente registradas en un libro de mantenimiento para proporcionar al personal de mantenimiento una correcta trazabilidad
- Para sistemas de tuberías de PP-R se deben aplicar las condiciones descritas en el tabla 3.3.



La desinfección continua

Por definición, este tipo de tratamiento conduce a un contacto a largo plazo entre los materiales y el agua desinfectada. Las reacciones químicas que se pueden desarrollar involucran a todos los materiales del sistema de tuberías, es decir, metales, cauchos y plásticos. Para ello, todos los materiales deben ser cuidadosamente seleccionados.

En determinadas condiciones, la presencia de cloro en alta concentración combinada con agua que tiene un pH bajo, es decir <6,5 o alto ORP, y bajo una temperatura continua de 60°C o más, puede afectar a las propiedades a largo plazo del PP-R. Estas recomendaciones son de aplicación especialmente en edificios con bucles de recirculación para proporcionar agua instantánea.

Desinfectantes	Tratamiento de choque modo curativo		Desinfección continua modo preventivo	
	Centros de salud Directiva - Francia	PP-R temperatura del agua Max. <25°C	Centros de salud Directiva - Francia	PP-R
NaOCl	100 mg/l-1 h 50 mg/l-12 h 15 mg/l-24 h	No se recomienda 50 mg/l-12 h max	0,3 mg/l < C < 1 mg/l	≤ 0,4 mg/l Tmax <60°C
Ca(OCl) ₂	100 mg/l-1 h 50 mg/l-12 h 15 mg/l-24 h	No se recomienda 50 mg/l-12 h max	0,3 mg/l < C < 1 mg/l	≤ 0,4 mg/l Tmax <60°C
El cloro Cl ₂	100 mg/l-1 h 50 mg/l-12 h 15 mg/l-24 h	No se recomienda 50 mg/l-12 h max	0,3 mg/l < C < 1 mg/l	≤ 0,4 mg/l Tmax <60°C
El dióxido de cloro ClO ₂	ninguno	6 mg/l-12 h max	0,3 mg/l < C < 1 mg/l	No se recomienda
H ₂ O ₂ Peróxido de hidrógeno	100 à 1000 mg/l-12 h	Desconocido	Desconocido	Desconocido

Tabla 3.3 Condiciones de tratamiento para sistemas de tuberías de PP-R

Propiedades de los materiales

3.1.2 Comportamiento frente al fuego de los PP

Los sistemas de tuberías de PP-R se pueden clasificar:

Norma	Clasificación
EN 13501	D-s3, d2
DIN 4102	B2

Tabla 3.4

Norma europea EN 13501-1

Este estándar define un sistema de clases de comportamiento de los materiales frente al fuego en productos para la construcción. El comportamiento al fuego del producto final, necesita ser clasificado por su contribución al desarrollo y propagación del fuego y humo en un área o medio ambiente. Todos los productos de la construcción pueden ser expuestos al fuego, que se puede desarrollar, crecer y, finalmente, propagarse. Este escenario contiene tres fases según el desarrollo de un incendio:

- Fase 1: inflamabilidad = un fuego encendido por una llama pequeña en una pequeña área/producto.
- Fase 2: generación de humo = desarrollo y propagación del fuego, simulado por una prueba en la esquina de una habitación.
- Fase 3: el flamear de gotas/piezas = después de la propagación, cuando todo el combustible y materiales contribuyen a la carga del fuego.

Clasificación frente al fuego

Fase 1: inflamabilidad

Clase	Pruebas de fuego	Propagación	Contribución	Práctica
F	No comprobado, o no cumple con clase E	Sin clasificar	Sin determinar	Extremadamente inflamable
E	EN-ISO 11925-2 (15 sec-Fs<150 mm-20 sec)	Propagación 100 kW <2 min	Contribución muy alta	Muy inflamable
D	EN 13823, Figura <750 W/s EN-ISO 11925-2 (30 sec-Fs<150 mm-60 sec)	Propagación 100 kW >2 min	Contribución alta	Bastante inflamable
C	EN 13823, Figura <120 W/s + Thr <15 MJ EN-ISO 11925-2 (30 sec-Fs<150 mm-60 sec)	Propagación 100 kW >10 min	Propagación	Inflamable
B	EN 13823, Figura <120 W/s + Thr <7,5 MJ EN-ISO 11925-2 (30 sec-Fs<150 mm-60 sec)	No propagación	Contribución limitada	Poco inflamable
A2	EN ISO 1182 of EN-ISO 1716 plus EN 13823, Figura <120 W/s + Thr <7,5 MJ	No propagación	Poca contribución	Difícilmente inflamable
A1	EN ISO 1182 = No inflamable EN-ISO 1716 = Valor calorífico	No propagación	No contribución	No inflamable

Tabla 3.5 Inflamabilidad

Fase 2: Generación de humo

Clase	Descripción
s3	Gran generación de humo
s2	Generación de humo media
s1	Poca generación de humo

Tabla 3.6

Fase 3: Gotas/partes inflamables

Clase	Descripción
d2	Partículas inflamables durante mas de 10 sg.
d1	Partículas inflamables durante menos de 10 sg.
d0	No producción de partículas inflamables

Tabla 3.7

Nivel de seguridad contra incendios en los edificios

El nivel de seguridad contra incendios de un edificio no es igual en todos los países de la unión europea. Cada Estado miembro podrá determinar en sus reglamentos los productos que se pueden utilizar, y qué clasificación de fuego encuentran adecuada.

Norma de la industria alemana DIN 4102

En el pasado la calificación oficial se ha realizado de acuerdo con la norma DIN 4102 (aún hoy vigente).

Los materiales se probaron para el grado de inflamabilidad y combustibilidad. DIN 4102, que incluye pruebas de los sistemas de protección pasiva contra incendios, así como algunos de sus materiales constituyentes. Las siguientes son las categorías en orden al grado de combustibilidad y de inflamabilidad:

Clasificación	Grado de inflamabilidad
A1	100% no combustible
A2	~98% incombustible
B1	Difícilmente inflamable
B2	Inflamabilidad normal
B3	Se incendia fácilmente

Tabla 3.8

Comparación aproximada:

Clasificación EN13501	Clasificación DIN 4102
A1	A1
A2	A2
B	
C	B1
D	B2
E	
F	B3

Tabla 3.9

En general, los materiales clasificados F/B3 no pueden ser utilizados en los edificios a menos que se combinen con otro material que reduzca la inflamabilidad de los mismos.

Las emisiones de los incendios

Un incendio se iniciará con una fuente de ignición, por ejemplo, una chispa enciende un material inflamable en presencia de oxígeno. Un incendio también puede empezar por autoignición, a temperaturas elevadas. El polipropileno arde con facilidad, ya que su índice de oxígeno es bajo y tiene un alto contenido de energía. Esto conduce a niveles elevados de calor, la combustión y la rápida propagación de un incendio. El polipropileno se ablanda, se derrite y gotea en la quema de las gotitas. Esto aumenta la superficie de exposición y estimula la propagación del fuego. El polipropileno desarrolla humo cuando se quema. La generación

Propiedades de los materiales

de humo de poliolefinas es menor que la de otros plásticos, pero más intensa que la de la madera. En fuegos oxigenados y llameantes se genera menos humo que cuando el fuego arde con menor intensidad. La inflamabilidad relativa depende no sólo del material de polipropileno en sí y su comportamiento al fuego, pero también de las características, el tamaño, y la forma de los materiales involucrados.

Dado que la combustión en los incendios tiende a ser incompleta, se forman diferentes productos de la combustión, por ejemplo, CO y hollín, además de vapor de agua y dióxido de carbono. El componente tóxico importante en los gases de combustión en los incendios de plástico es el monóxido de carbono. También se forman pequeñas cantidades de aldehídos tales como formaldehído y acroleína, cetonas, alcoholes y ésteres.

El monóxido de carbono es el producto de degradación más tóxico en los incendios. CO une la hemoglobina de la sangre y bloquea la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno por todo el cuerpo. Esto puede causar intoxicación y lleva a la inconsciencia y a la muerte. Una pequeña cantidad de CO provoca mareos, dolores de cabeza y fatiga.

Emisiones derivadas de los procesos (termofusión)

A temperaturas elevadas (por ejemplo, durante la termofusión) tienen lugar fenómenos de degradación térmica y oxidación, así como emisión de compuestos volátiles (COV). La degradación térmica es un proceso químico irreversible causado por el calor. Las cadenas poliméricas se agrietan en cadenas más cortas reduciendo el peso molecular de las resinas, introduciendo dobles enlaces en el polímero y produciendo compuestos volátiles de bajo peso molecular. La escisión del polímero puede ser inducida por cizallamiento o ser térmica pura. La degradación térmica se divide en degradación oxidativa y no oxidativa. La degradación oxidativa puede tener lugar durante la soldadura cuando la temperatura de soldadura es demasiado alta. Cuanto mayor sea la temperatura de procesamiento, más el polímero se degrada. Cuanto más grande sea la superficie expuesta al aire, más productos que contienen oxígeno en degradación se forman.

Las emisiones son principalmente diferentes hidrocarburos, saturados o no saturados, con estructura lineal, ramificados o cíclicos. Cuando los aditivos se degradan, se generan compuestos aromáticos. El número y cantidad de los compuestos oxigenados, entre los productos de degradación, es pequeño. Los más abundantes compuestos oxigenados son formaldehído, acetaldehído, ácido fórmico y acetona. También se forman vapor de agua, monóxido de carbono (CO, y dióxido de carbono (CO₂)). El polvo y los aerosoles, que se asemeja a los humos de cera de parafina, se forman en cantidades significativas. La cantidad total de emisiones es pequeña y extremadamente difícil de estimar, ya que depende de las circunstancias locales. Las consecuencias conocidas para la salud son fundamentalmente diferentes síntomas temporales de irritación, alergias e indisposición. A pesar de la pequeña cantidad de emisiones, siempre se necesita una ventilación eficaz para garantizar la seguridad del entorno de trabajo, y para minimizar los riesgos laborales.

3.2 Material de PP-R

El material PP-R de Borealis RA130E ha convertido en un Standard de excelencia entre los PP-R, debido a su rendimiento y su calidad excepcional.



Illustration 3.3

Propiedades	Valor típico	Unidad	Método de prueba
Densidad	905	kg/m ³	ISO 1183
Índice de fluidez (230°C/2,16 kg)	0,30	g/10min	ISO 1133
Módulo de flexión (2 mm/min)	800	MPa	ISO 178
Modulo de elasticidad (1 mm/min)	900	MPa	ISO 527
Resistencia a la tracción (50 mm/min)	13,5	%	ISO 527-2
Alargamiento en la rotura (50 mm/min)	25	MPa	ISO 527-2
Conductividad térmica	0,24	W/(m K)	DIN 52612
Coefficiente de dilatación térmica (0°C/70°C)	1,5*10E-4	1/K	DIN 53752
<i>Resistencia al impacto (Charpy)</i>			
(23°C)	20	kJ/m ²	ISO 179/1eA
(0°C)	3,5	kJ/m ²	ISO 179/1eA
(-20°C)	2	kJ/m ²	ISO 179/1eA
<i>Resistencia al impacto Charpi sin muesca</i>			
(23°C)	Sin rotura		ISO 179/1eU
(0°C)	Sin rotura		ISO 179/1eU
(-20°C)	40	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Temperatura de fusión	210-220	°C	

Tabla 3.10 Propiedades físicas del PP-R

El PP-R posee una excepcional resistencia a la presión, con coeficientes de seguridad únicos, ya que cumple de las curvas de referencia simultáneamente a 20°C, 70°C, 95°C y 110°C, según norma ISO / TR 9080 con una clasificación MRS acreditada de 10 MPa.

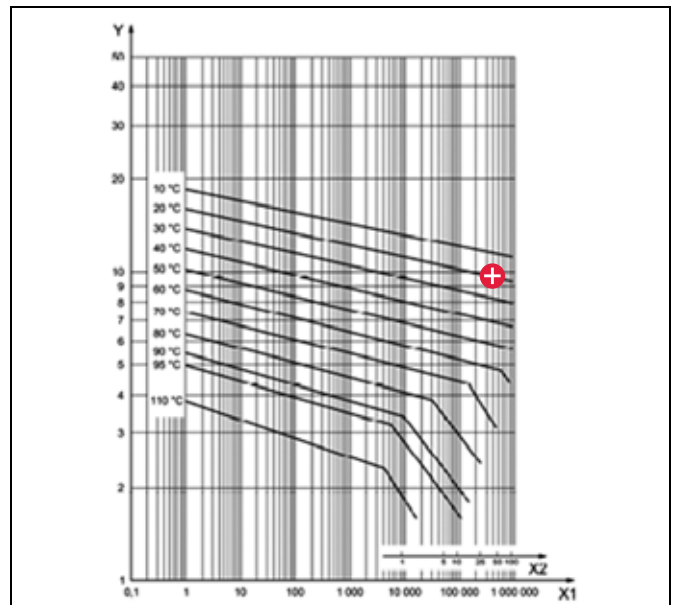


Gráfico 3.1 PP-R MRS 10 MPa (20°C, 50 años)

Propiedades de los materiales

3.3 Material de PP-RCT



Illustration 3.4

PP-RCT es la abreviatura de polipropileno random copolímero, con estructura cristalina modificada y funcionamiento a la temperatura mejorado. El material Borealis PP-RCT tiene una β -nucleación especial que permite una estructura de cristal fino y una distribución de tamaño de los cristalitas homogénea, atributos que contribuyen positivamente a las características mecánicas del material.

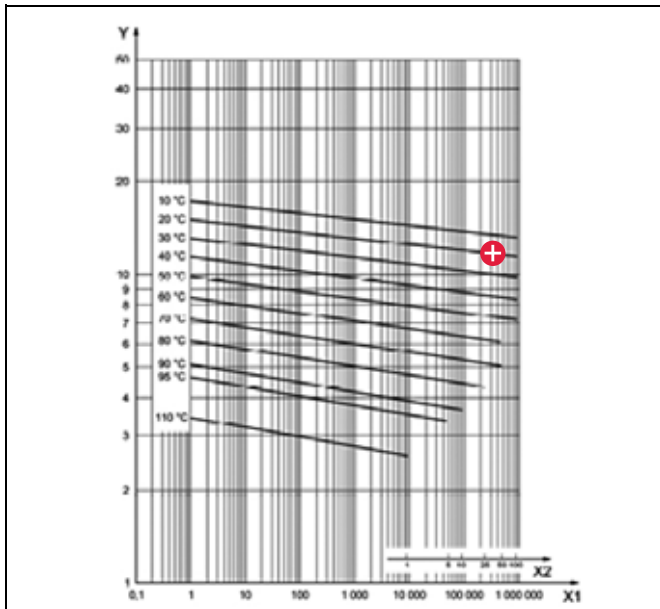


Gráfico 3.2 PP-RCT MRS 11,2 MPa (20°C, 50 años)

Resistencia mecánica

Los sistemas de tuberías de este material pueden funcionar a presiones más altas, a temperaturas elevadas. Las pruebas de presión demuestran una resistencia de 50 años a 70°C, con 5 MPa, en comparación con 3,2 MPa para el PP-R estándar.

Información adicional del material en Apéndice A:

- Hoja de información de seguridad del producto
- Declaración de conformidad con la regulación para agua potable
- Declaración sobre productos químicos

Propiedad	Valor	Unidad	Metodo ensayo
Densidad	905	kg/m ³	ISO 1183
Índice de fluidez (230°C/2,16 kg)	0,3	g/10 min	ISO 1133
Resistencia a la tracción (50 mm/min)	25	MPa	ISO 527-2
Alargamiento en la rotura (50 mm/min)	10	%	ISO 527-2
Módulo de elasticidad (1 mm/min)	900	MPa	ISO527
Resistencia al impacto Charpy, con muescas (+23°C)	40	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Resistencia al impacto Charpy, con muescas (0°C)	4	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Resistencia al impacto Charpy, con muescas (-20°C)	2	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Coefficiente de dilatación de 0°C a 70°C	1,5	*10-4K-1	DIN 53752
Conductividad térmica	0,24	WK-1m-1	DIN 52612 Parte 1
Resistencia superficial	> 1012	Ohm	DIN 53482/VDE 0303 Parte 2

Tabla 3.11 Propiedades del PP-RCT

Estabilizadores y aditivos

Una estabilización realizada con la última tecnología y los aditivos más avanzados contribuyen a la mejora del rendimiento del material de PP-RCT. Estos aditivos especialmente diseñados se basan en la larga experiencia de Borealis en el campo de los Polímeros para aplicaciones de agua caliente y proporciona una durabilidad superior, así como una excelente resistencia a la lixiviación.

La función de los estabilizadores y el papel de los aditivos es proteger al polímero contra la oxidación, que podría ocurrir:

- Durante la fabricación por extrusión o inyección en la que el material se expone a alta temperatura, es decir entre 200°C y 230°C durante un corto período de tiempo
- Durante su uso, caracterizado por su utilización a largo plazo, bajo presión, a temperaturas de hasta 70°C

Se añaden diferentes estabilizadores diseñados para ser activos en los distintos rangos de temperatura. Para producir el compuesto homogéneo se presta especial cuidado para asegurar que el paquete de estabilización se dispersa completamente en la resina del PP-R.

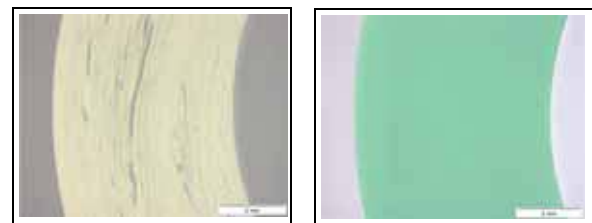


Ilustración 3.5 Observación estereomicroscópica de secciones de tubo con una mala dispersión y una buena dispersión del pigmento y aditivos

La zona translúcida en la sección transversal de las tuberías indica falta de homogeneidad del compuesto. La falta de homogeneidad del compuesto podría causar puntos locales de envejecimiento prematuro del material.

Propiedades de los materiales

Termofusión

Las uniones de tubos y accesorios de beta-PP-R se realizan mediante un aparato polifusor (herramienta caliente de soldadura), de la misma manera como el PP-R estándar. Esta técnica de termofusión, se describe en el DVS 2207 Parte 11 y ha sido probada durante muchos años, lo que la convierte en una excelente opción por la seguridad de sus conexiones. La utilización del aparato polifusor es fácil y rápida, y los operarios familiarizados con el PP-R estándar no necesitan aprender nuevas técnicas o invertir en nuevas herramientas.

Ventajas de material PP-RCT

La mejor resistencia a largo plazo del material PP-RCT conduce a una serie más económica de dimensiones. Permite a los diseñadores seleccionar tuberías de pared más delgada y en algunas situaciones a tuberías de diámetros más pequeños. Esto se traduce en una mayor capacidad hidráulica de la tubería o la posibilidad de aplicar una presión mayor que la de la norma de PP-R.

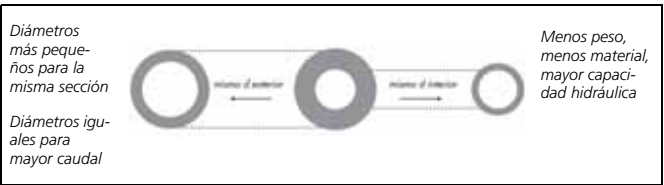


Ilustración 3.6

No menos importante, el uso sustancialmente inferior de material, contribuye a la conservación de recursos, en apoyo de un medio ambiente sostenible.

3.4 Transiciones con metales

3.4.1 Latón (aleación de cobre y zinc)

Los accesorios de transición y las uniones permiten conectar los sistemas de tuberías de diferentes materiales entre sí. Por lo general, con partes roscadas macho y hembra de acuerdo a normas generalmente aceptadas como la ISO 10226 o la ISO 7/EN 228.



Ilustración 3.7

De acuerdo con las directrices alemanas no se permite ningún latón niquelado para aplicaciones de agua potable. En Alemania, la Sociedad para protección anticorrosiva Materiales para instalación de agua potable 'estableció que ese tipo específico de bronce, debido a los procesos de corrosión, libera plomo en el agua potable. El grupo 4MS (Alemania, Reino Unido, Francia y los Países Bajos, en la actualidad en proceso de armonización de las pruebas y requisitos de sanidad e higiene de agua potable redujo el límite de plomo admisible en el agua potable de 0,025 mg/l hasta 0,010 mg/l (fecha prevista de entrada: 1 de diciembre de 2013):

- Estos límites se basan en la normativa europea de agua potable
- Desarrollo de materiales de plomo reducido o latón sin plomo
- Seguridad higiénica (prevención de la corrosión)

Por tanto, se deben adaptar las normas y directrices establecidas.

Puede solicitar más información sobre el latón con su oficina de ventas Polysan/Wefatherm.

3.4.2 Elementos roscados

Los accesorios roscados utilizados se fabrican de acuerdo con las normas: **ISO 10226 7/EN** Uniones de tubería con rosca en donde la presión de cierre se hace en las roscas. **EN-ISO 228** Uniones de tubería con rosca, donde la hermeticidad no se produce en las roscas

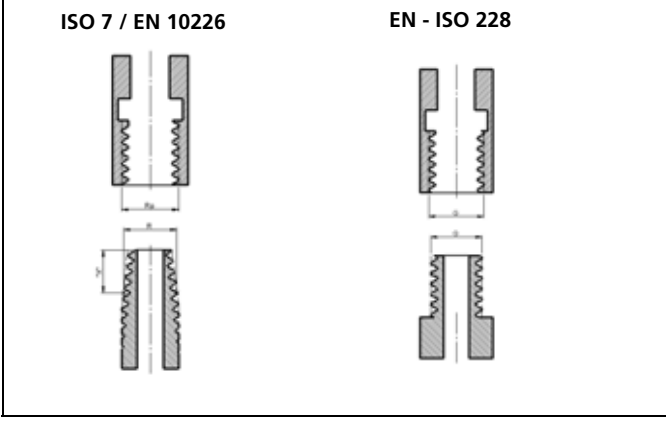


Ilustración 3.8

ISO 7 / EN 10226	EN - ISO 228
La estanqueidad se produce en la rosca	La estanqueidad no se produce en la rosca
R = parte roscada macho cónica	G = parte roscada macho cilíndrica
Rp = parte roscada hembra cilíndrica	G = parte roscada hembra cilíndrica
Rc = parte roscada hembra cónica	
Se recomienda uso de sellador	Se recomienda uso de sellador
Se recomienda el uso de cinta PTFE para sellado	Se recomienda usar sellador, aplicar junta adicional o aro de goma.

Tabla 3.12

3.4.3 Sistemas de cobre/PP-R mixtos



Ilustración 3.9 Daños observados con PPR no estabilizado adecuadamente, bajo condiciones extremas

El cobre es un catalizador que contribuye al proceso de oxidación del polipropileno. Concretamente: los iones de cobre libres. Después del arranque del proceso de oxidación, y debido a un nivel elevado de cloro, que se utiliza para el tratamiento de agua secundaria, los iones de cobre tienen un efecto catalizador en el proceso de oxidación. Con el aumento de la cantidad de cobre libre en iones, el efecto catalizador aumenta. La cantidad de iones de cobre depende del sistema específico de tubería utilizado, la superficie de cobre expuesta y la calidad del agua (pH). A temperaturas por encima de 70°C este proceso se acelera. Para asegurar un uso ininterrumpido a largo plazo de los sistemas de circulación mixtos de cobre/PP-R en agua caliente, aconsejamos respetar las limitaciones mencionadas en el cuadro "Limitación en sistemas mixtos cobre/PP-R con circulación de agua caliente".

El latón es una aleación de cobre y zinc. Debido al bajo contenido de cobre, se reduce el riesgo de oxidación del latón. Los aditivos se añaden a la resina de PP-R para compensar la influencia mínima de los iones libres de cobre en el latón.

Propiedades de los materiales

! Limitación en sistemas mixtos cobre/PPR con circulación de agua caliente

Para evitar la corrosión en sistemas con circulación de agua caliente en sistemas mixtos cobre/PP-R, respetar las siguientes limitaciones:

Temperatura del agua	Máximo 70°C
Presión de servicio	Según especificaciones en anexos B1 y B2 del catálogo técnico 2014, max 8 bar.
Velocidad de flujo	max 0,9 m/s

Condiciones específicas como alta concentración de desinfectantes con cloro en combinación con agua con niveles bajos de PH o altos de ORP, afectan a las propiedades a largo plazo del PP-R.

Si desea información adicional, consulte los servicios técnicos de Polysan/Wefatherm.

3.5 Las juntas de goma

Para la conexión y transición a otros materiales, el sistema Polysan/Wefatherm incorpora elementos con juntas.

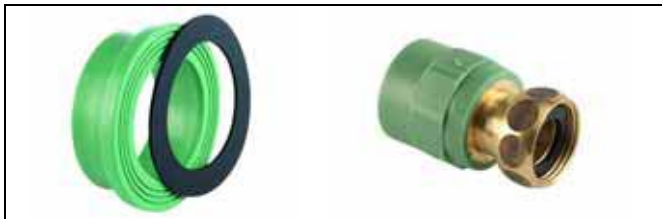


Ilustración 3.10

El material de la junta es EPDM Semperit E628 negro. Este material EPDM cumple con la aprobación KTW 1.3.13 D1 y D2 para agua fría y caliente:

- Dureza (Shore A): 70 ± 5
- Densidad (g/cm³): 1,12
- Resistencia a la tracción (N/mm²): 11
- Alargamiento de rotura (%): 250
- Temperatura de trabajo hasta 120°C
- Espesor 2,0 mm
- Resistencia

Resistencia frente a:	Clase:
Ozono	Bien
Envejecimiento	Bien
Aceites	No
Gasolinas/Gasoleos	No
Acidos	Bien
Bases	Bien
Desgaste (uso)	Bien

Tabla 3.13

Medio	Dyn. (stat.)	Max.	Corto plazo
Aire	-40 (-50)°C	+120°C	+140°C
Agua	-	+120°C	+150°C

Tabla 3.14 Rango de temperatura

Condiciones	Dureza	Fuerza	Resistencia
70 h/125°C	+10 shore A	+/-20%	-40%

Tabla 3.15 Rangos de envejecimiento a la temperatura según norma DIN 53608

Tiempo	Temperatura	DVR
70 h	100°C	30%

Tabla 3.16 Resistencia a la deformación Presión DIN-ISO 815

Tiempo	Pphm Ozono	Temperatura	Fase de rotura
48 h	200 pphm	40°C	0

Tabla 3.17 Resistencia al ozono

Para obtener información adicional acerca de la resistencia química de las juntas, pongase en contacto con la Oficina de Ventas de Polysan/Wefatherm.

3.6 Anillos perfilados

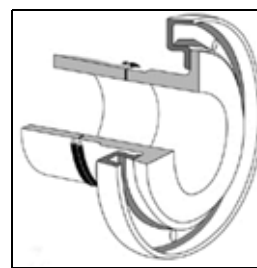


Ilustración 3.11

Los cuellos de brida de base perfilada, y las bridas de PP encapsulada de hierro dúctil, tienen un diseño específico desarrollado para su uso en sistemas de tuberías termoplásticas.

Las bridas de PP perfiladas son fabricadas en hierro dúctil GGG40 (ASTM A536), en máquina de moldeo, por inyección y encapsulado, con un 30% de polipropileno reforzado. Este proceso garantiza una considerable protección contra la corrosión

Este extraordinario sistema de bridas para unión de tuberías se ha probado con éxito desde 1979 en muchos países del mundo.

+ Ventajas

- Alta resistencia a la corrosión, a través de la capa de polipropileno que recubre la parte metálica
- Significativo ahorro de peso
- Manejo sustancialmente simplificado
- Presión de trabajo 16 bar
- Factor de seguridad garantizado de 2,0
- Eliminación de reapriete después de la instalación inicial

Reapriete

Debido a la reducción de peso y a la forma perfilada de la base del cuello de brida, se elimina la necesidad de volver a apretar los elementos de fijación. La forma única de la brida, actuando como una 'arandela Belleville', provoca el almacenamiento de energía necesaria para superar cualquier flujo en frío. El diseño de la forma de las alas se basa en cálculos FEM (Finite Element Method) en el que se ha prestado especial consideración al acabado termoplástico. Todas las bridas cuentan con un factor de seguridad de 2 sobre las presiones de trabajo máximas (MOP) establecidas. Para el aumento de las temperaturas (>20°C) se aconseja inspeccionar la brida de unión periódicamente, y volver a apretar los elementos de fijación, si es necesario.

