

Informe de Ensayo: PA 0529-A04

Gelsenkirchen, 28 de febrero de 2006

Solicitante: I.S.T.
**Innovative Sanierungs-Technologien für
Rohrleitungen GmbH**
**(Tecnología Innovadora para el Saneamiento
de Tuberías S.L.)**
Rombacher Hütte 15 - 44795 Bochum (Alemania)

Solicitud de ensayo, Nº: PA 0529

Denominación del ensayo solicitado: I.S.T. GmbH – Ensayo de manguito corto

Denominación del objeto: Easy Pur

Fecha del pedido: 01.05.2004

El presente informe consta de 13 páginas.

Los resultados del ensayo se refieren exclusivamente a los objetos que se han sometido a prueba. Ni el informe ni partes del mismo podrán ser reproducidos sin una previa autorización por escrito del Instituto para Infraestructuras Subterráneas (IKT).



Dipl.-Ing. D. Homann
(Director de la Agencia de Ensayos)



Dipl.-Ing. S. Kötters
(Director del proyecto)

Probetas

Nº ref.	Denominación de la probeta		Fecha entrada	Preparación de la probeta por	Descripción de la probeta
	por IKT encargado del ensayo	por el Solicitante			
1	H1335-1 a -3	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	05.01.04	Solicitante	3 manguitos cortos
2	B1107-11 a -30	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 2 Resina: Easy Pur	09.03.04	Solicitante	Tiras de muestra
	B1107-61 a -69	Placas de muestra de resina pura Resina: Easy Pur	09.03.04	Solicitante	Placas de resina
3	B1108-1 a -8	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	10.03.04	Solicitante	Placas de muestra
4	H1392-1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	22.04.04	Solicitante	Tubería cerámica saneada
5	B1148-1 a -12	Barras de refuerzo tipo 1A Material: Easy Pur, sin vidrio	23.04.04	Solicitante	Barras de refuerzo
6	H1448-1 y -2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	16.08.04	Solicitante	Tubería cerámica saneada
7	H1480-1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	18.10.04	Solicitante	Tubería cerámica saneada

Ensayos realizados

Cantidad	Tipo de ensayo	Prescripción de ensayo	Nº de probeta	Preparación de la probeta
1	Ensayo de flexión en 3 puntos	Según DIN EN ISO 178 con DIN EN 13566-4 com. modificada	B1107-11 a -20 B1108-2.1 a -2.5	Trozos serrados de la placa de muestra
3	Ensayo de presión de vértice de corta duración	Según DIN EN 1228	H1335-1.1 a -1.3	Trozos serrados del manguito
3	Determinación de la tendencia de fluencia	Según DIN EN 16869, Sec. 2	H1335-1.1 a -1.3	Trozos serrados del manguito
1	Ensayos de tracción	Según DIN EN ISO 527, Sec. 4	B1148-1 a -12	-
1	Determinación del contenido en cenizas	Según DIN EN ISO 1172	B1108-2	-
1	Densidad	Según DIN EN ISO 1183-1	B1108-2	-
1	Resistencia a la presión	Según DIN EN ISO 604	B1107-63 a -69	-
1	Resiliencia Charpy	Según DIN EN ISO 179	B1107-21 a -30	-
10	Ensayo de adherencia por tracción	Según ZTV SIB 90	H1336-1.1 y -1.2	Medias mitades serradas del tubo
1	Resistencia a los agentes químicos	Según DIN EN ISO 175	B1108-3 a -6	Trozos serrados de la placa de muestra
1	Canal basculante de Darmstadt	Según DIN EN 19565	H1392-1	Medias mitades serradas del tubo
1	Ensayo de abrasión modificado para probar la estanqueidad	Según DIN EN 19565 y DIN EN ISO 1610	H1480-1	-
3	Ensayo de presión de vértice de larga duración	Según DIN EN 761	H1335-1.1 a -1.3	Trozos serrados del manguito

Resultados de los ensayos

Ensayo de flexión en 3 puntos:

Valores medios del módulo de elasticidad E y de la resistencia a flexotracción β_{BZ}
(En base a DIN EN ISO 178)

Denom. de probeta por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Diámetro nominal [mm]	Valor medio módulo E [N/mm ²]	Valor medio β_{BZ} [N/mm ²]	Espesor medio de la probeta [mm]
B1107-11 a -20	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 2 Resina: Easy Pur	-	4.937	148,07	4,46
B1108-2.1 a -2.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	-	6.761	145,53	6,30

-: Tiras de muestra

Ensayo de presión de vértice a corta duración:

Rigidez anular inicial S_0 y módulo de elasticidad E
(En base a DIN EN 1228)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Diámetro nominal [mm]	Valor medio módulo E [N/mm ²]	Valor medio S_0 [N/mm ²]
H1335-1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	15.469	0,002608
H1335-2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	16.411	0,002702
H1335-3	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	11.730	0,002618
Valor medio:			14.537	0,002643

Determinación de la tendencia a la fluencia K_N :

Módulo de elasticidad (E)1h y 24h, tendencia a la fluencia (K_N) 24h
(En base a DIN EN 16869, Sección 2)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Diámetro nominal [mm]	E_{1h} [N/mm ²]	E_{24h} [N/mm ²]	K_N [%]
H1335-1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	15.781	14.605	7,45
H1335-2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	16.562	15.419	6,90
H1335-3	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	10.605	9.917	6,49
Valor medio:			14.316	13.314	6,95

Ensayo de tracción:

Valores medios del módulo de elasticidad E y de la tensión de rotura βB
(En base a DIN EN ISO 527)

Denom. de probeta por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Valor medio Módulo E [N/mm ²]	Tensión media de rotura βB [N/mm ²]	Dilatación media de rotura [%]
B1148-1 a -12	Barras de refuerzo tipo 1A Material: Easy Pur, sin vidrio	140,63	12,72	4,1

La resistencia a la tracción se determinó en un total de doce probetas. Para la determinación de los valores medios, según DIN EN ISO 527-1, se tuvieron que rechazar dos ensayos, ya que el fallo se produjo en una zona a 10 mm de distancia de una pinza de sujeción.

Determinación del contenido en cenizas:

(En base a DIN EN ISO 1172)

Denom. de probeta por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Sustancia seca [%]	Cenizas residuales en la sustancia seca [%]	Capacidad de calcinación de los componentes de las cenizas residuales [%]	Insolubilidad de los componentes de las cenizas residuales [%]
B1108-2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	96,52	57,45	89,01	10,99

Determinación de la densidad:

Determinación de la densidad mediante el procedimiento de inmersión
(En base a DIN EN ISO 1183-1)

Denom. de probeta por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Líquido de inmersión	Densidad	
			Valores individuales [g/m ³]	Valor medio [g/m ³]
B1108-2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	Agua destilada	1,387	1,424
			1,439	
			1,447	

Determinación de la resistencia a la presión:

(En base a DIN EN ISO 604)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Módulo elasticidad [N/mm ²]	Resistencia a la presión [N/mm ²]	Anchura de la probeta [mm]
B1107-63 a -69	Placas de muestra Resina: Easy Pur, sin fibra de vidrio	555	41,77	3,90

Resiliencia Charpy:

(En base a DIN EN ISO 179)

Denom. por. IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Valor individual [kJ/m ²]	Desviación estándar	Valor medio [kJ/m ²]
B1107-21	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 2 Resina: Easy Pur	97	4,9	99,9
B1107-22		Rotura parcial ¹⁾		
B1107-23		Rotura parcial ¹⁾		
B1107-24		95,5		
B1107-25		Rotura parcial ¹⁾		
B1107-26		97,3		
B1107-27		Rotura parcial ¹⁾		
B1107-28		102,3		
B1107-29		107,4		
B1107-30		Rotura parcial ¹⁾		

¹⁾la resiliencia Charpy sólo se determina en los casos de rotura completa

Condiciones del ensayo:

Clima normal

Capacidad nominal de trabajo:

4 J

Velocidad del impacto:

2,93 m/s

Elaboración de la entalladura con brochado

Medidas de las probetas (largo*ancho*espesor) [mm]: 80*10*4,3

Ensayo de adherencia por tracción:

(En base a ZTV SIB 90)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Resistencia adhesiva al tiro [N/mm ²]		
		Valor individual	Ubicación de la rotura	Valor medio
H1448-2.1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	1,47	en el pegamento	3,26
		4,22	en el pegamento	
		2,62	en el pegamento	
		2,68	en el pegamento	
		4,71	en el pegamento	
H1448-2.2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	2,86	en la zona de unión	
		3,25	en el pegamento	
		2,50	en el pegamento	
		3,30	en el pegamento	
		5,00	en el pegamento	

Representación de los puntos sometidos al ensayo de adherencia por tracción:



Fig. 1: Punto de ensayo 1 en la probeta H1448-2.1



Fig. 2: Punto de ensayo 2 en la probeta H1448-2.1



Fig. 3: Punto de ensayo 3 en la probeta H1448-2.1



Fig. 4: Punto de ensayo 4 en la probeta H1448-2.1



Fig. 5: Punto de ensayo 5 en la probeta H1448-2.1



Fig. 6: Punto de ensayo 6 en la probeta H1448-2.2



Fig. 7: Punto de ensayo 7 en la probeta H1448-2.2



Fig. 8: Punto de ensayo 8 en la probeta H1448-2.2



Fig. 9: Punto de ensayo 9 en la probeta H1448-2.2



Fig. 10: Punto de ensayo 10 en la probeta H1448-2.2

Resistencia química:

(En base a DIN EN ISO 175)

Evaluación visual al término de la inmersión

Basándose en la tabla para la evaluación cualitativa de la modificación experimentada por la probeta, según DIN EN ISO 175, se realizó la siguiente evaluación de las probetas.

Evaluación de las probetas en el laboratorio de IKT:

Inmersión en:	Modificación evaluada cualitativamente en base a la Tabla 1 DIN EN ISO 175
NaOH al 1%	apenas perceptible
H ₂ SO ₄ al 10%	mínima
Limpiador de peróxido al 5%	considerable
Agua destilada	ninguna

Tabla 1 de DIN EN ISO 175

Modificaciones evaluadas cualitativamente
ninguna
apenas perceptibles
mínimas
medianas
considerables

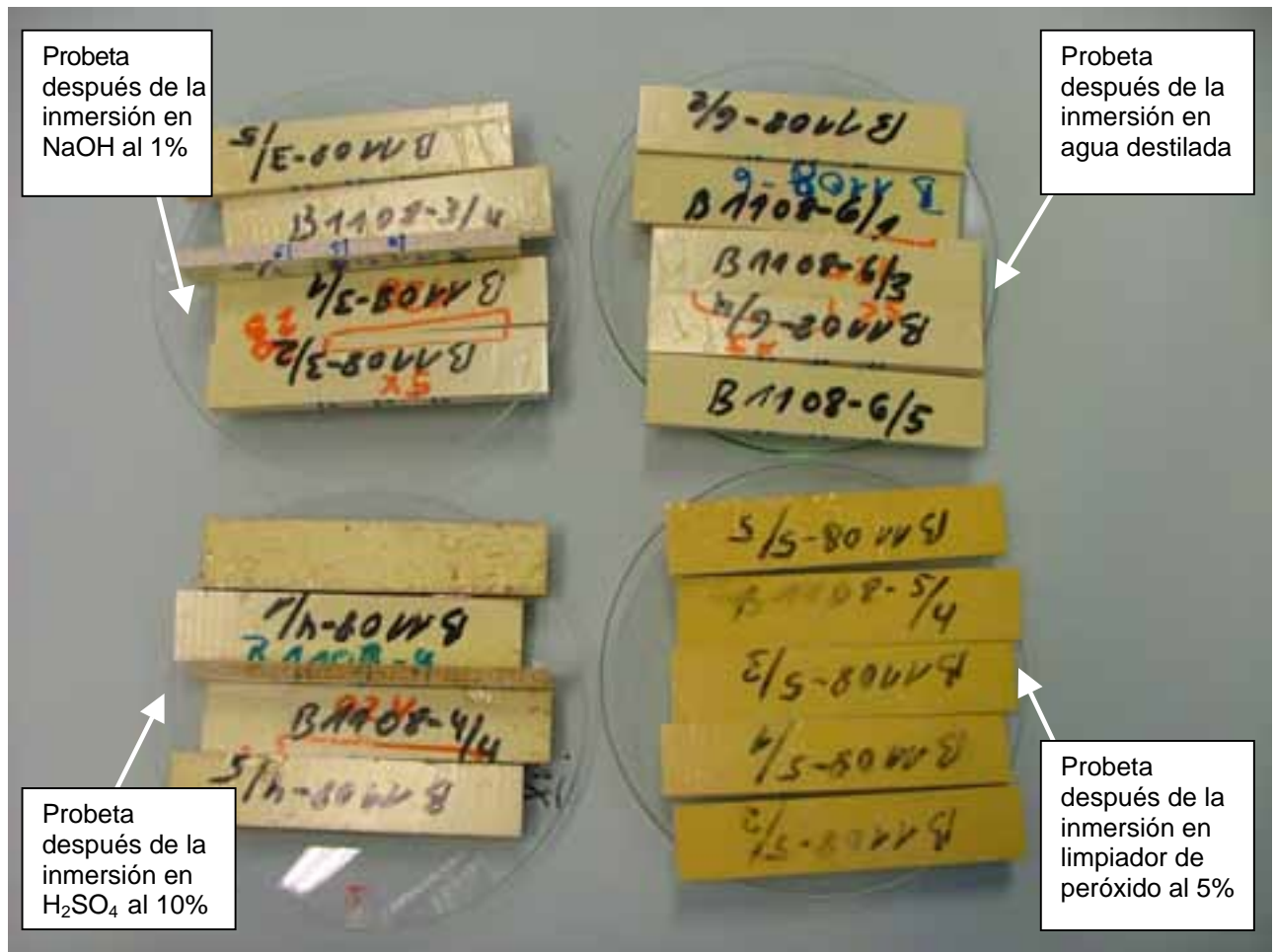
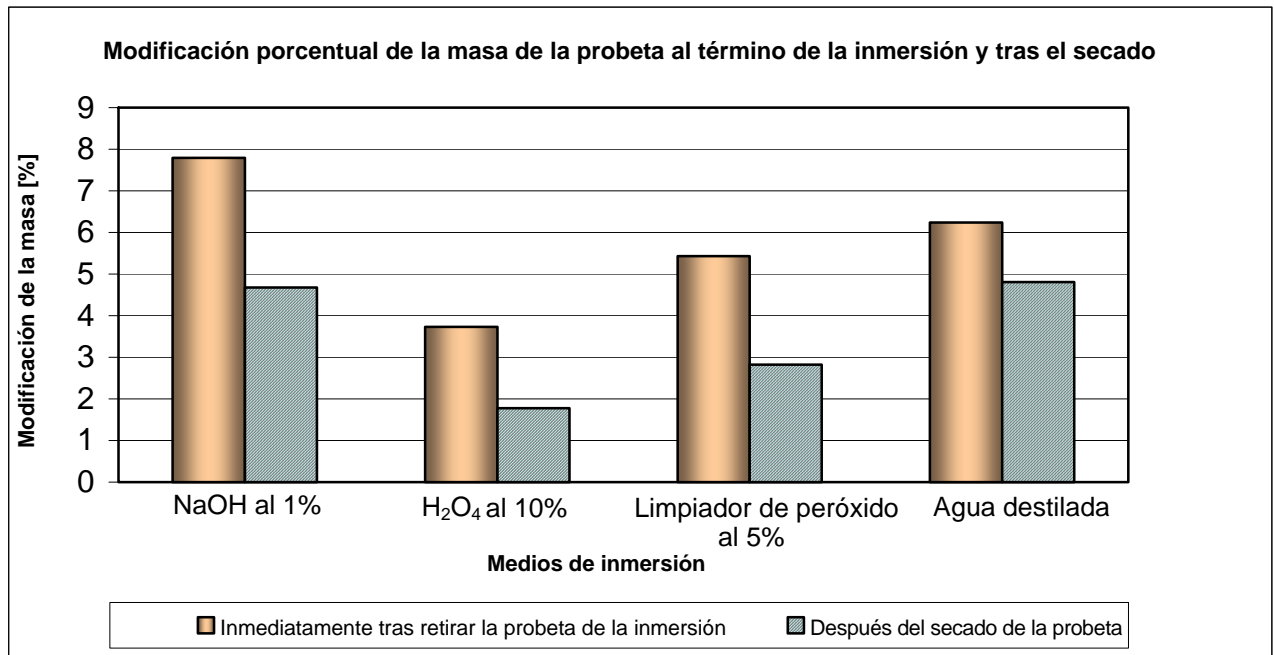


Fig.11: Probetas al término de la inmersión

Modificación de la masa al término de la inmersión

Modificación porcentual de la masa de la probeta a causa de la inmersión:

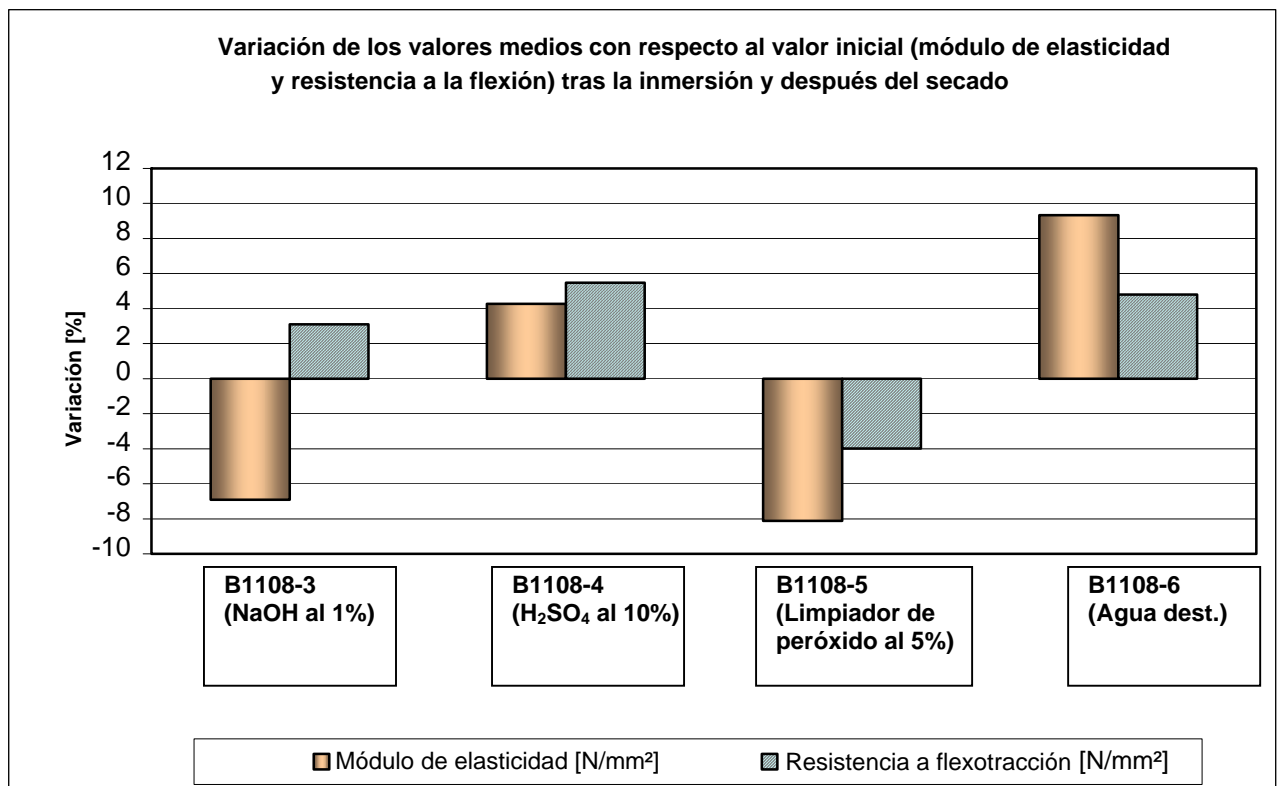
Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Inmersión en	Aumento porcentual de la masa (promedio)	
			inmediatamente tras retirar la probeta	después del secado
B1108-3.1 a -3.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Harz: Easy Pur	NaOH al 1%	7,79	4,68
B1108-4.1 a -4.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	H₂SO₄ al 10%	3,73	1,78
B1108-5.1 a -5.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	Limpiador de peróxido al 5%	5,43	2,82
B1108-6.1 a -6.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso/unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	Agua dest.	6,24	4,81



Ensayo de flexión en 3 puntos al término de la inmersión y después del secado:

Valores medios del módulo de elasticidad y de la resistencia a la flexotracción
(En base a DIN EN ISO 178)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Inmersión en	Valor medio módulo E [N/mm ²]	Valor medio β BZ [N/mm ²]	Espesor medio de la probeta [mm]
B1108-2.1 a -2.5	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur	sin inmersión	6.761	145,53	6,30
B1108-3.1 a -3.5		NaOH al 1%	6.293	150,02	6,25
B1108-4.1 a -4.5		H ₂ SO ₄ al 10%	7.050	153,50	5,89
B1108-5.1 a -5.5		Limpiador de peróxido al 5%	6.213	139,73	6,13
B1188-6.1 a -6.5		Agua destilada	7.392	152,52	6,10



Resumen de la resistencia a los agentes químicos:

La inmersión de las probetas B1108-3.1 a -3.5 en una solución **NaOH al 1%** provocó un cambio de color apenas perceptible. Inmediatamente después de retirar las probetas, se comprobó un aumento de la masa del 7,8% (valor promedio). Después del secado de las probetas, el incremento de la masa se redujo a un 4,7%.

El siguiente ensayo de flexión en 3 puntos mostró que el módulo de elasticidad se redujo en 500 N/mm² (7%) con respecto al valor obtenido en el ensayo comparativo sin inmersión en la solución de Na OH al 1%. Teniendo en cuenta la dispersión de los resultados del ensayo de flexión en 3 puntos y considerando que la resistencia a la flexión es un 3% mayor que la medida en el ensayo comparativo sin inmersión, no se puede deducir una clara de modificación de las propiedades mecánicas.

Las probetas B1108-4.1 a -4.5 en inmersión en una solución de **H₂SO₄ al 10%**, adquirieron inmediatamente después de ser retiradas, una ligera tonalidad amarillenta en la superficie y un cambio de color más pronunciado en los cantos de corte. Inmediatamente después de sacar las probetas de la solución y de su secado, se comprobaron ligeros aumentos de la masa. Sin embargo, en los siguientes ensayos de flexión en 3 puntos, las probetas en inmersión presentaron unos valores característicos mecánicos más altos que los medidos en el ensayo comparativo.

Después de la inmersión en un **limpiador de peróxido al 5%**, las probetas B1108-5.1 a -5.5 adoptaron una intensa tonalidad amarilla. Tanto los cantos de corte como las superficies de las probetas habían adquirido un color amarillo oscuro (ver Fig.11). Se comprobó un aumento de la masa del 5,4% después de retirar las probetas de la solución, y del 2,8% después del secado de las probetas. En los siguientes ensayos de flexión en 3 puntos, las probetas tenían unos valores característicos mecánicos (módulo de elasticidad y resistencia a la flexión) ligeramente inferiores a los de las probetas que no fueron sometidas a inmersión.

En el resultado global se constató que al sumergir las probetas en los medios arriba mencionados, sus propiedades mecánicas no se modifican o lo hacen mínimamente (peróxido).

Ensayo de abrasión con el canal basculante de Darmstadt:

Resistencia a la abrasión
(En base a DIN EN 19565)

Denom. por IKT Nº WEB	Denominación de la probeta por el Solicitante	Diámetro nominal [mm]	Abrasión máxima [mm]		
			Número de alteraciones de carga 50.000	100.000	200.000
H1392-1.1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie: 1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	DN 300	1,40	1,81	-

Bajo un esfuerzo de 100.000 alteraciones de carga, el desgaste es de 1,81 mm. Como las fibras de vidrio del manguito quedaron a la vista, el solicitante prescindió de prolongar el ensayo hasta 200.000 alteraciones de carga.



Fig. 12: Probeta H1392-1.1 después del ensayo de abrasión con 50.000 alteraciones de carga



Fig. 13: Probeta H1392-1.1 después del ensayo de abrasión con 100.000 alteraciones de carga

En un ensayo modificado, se hizo un corte a una tubería de cerámica y seguidamente se reparó la zona dañada con un manguito corto (Fig.14 y siguientes). A continuación, se sometió la fuga saneada a 200.000 alteraciones de carga en el canal basculante de Darmstadt y se comprobó la estanqueidad de la reparación.

El primer ensayo de estanqueidad se realizó directamente tras el montaje del manguito corto. El segundo ensayo se hizo sometiendo el manguito a 200.000 alteraciones de carga. El criterio de ensayo es la norma DIN EN 1610, procedimiento LC, con una duración de 4 minutos, una presión de 100 mbares y una caída máxima de presión de 15 mbares. Con el ensayo de estanqueidad se comprobó que el desgaste ocasionado en la probeta H1480-1 por las 200.000 alteraciones de carga no influye en la estanqueidad de la zona reparada.

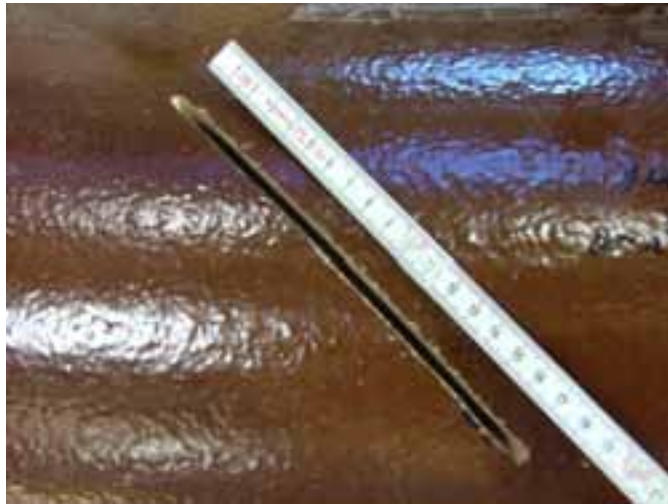


Fig.14: Fuga en la tubería de cerámica

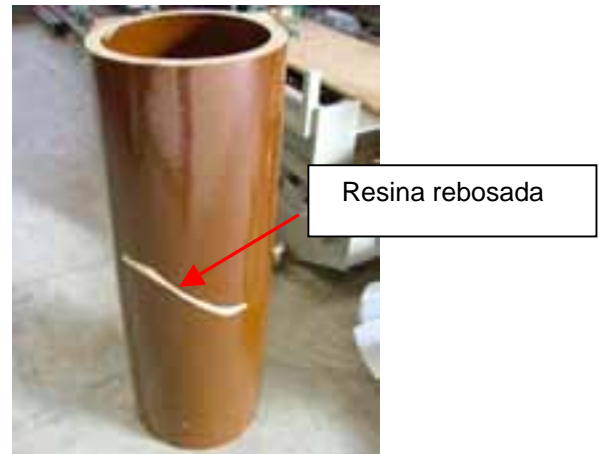


Fig.15: Tubería de cerámica reparada

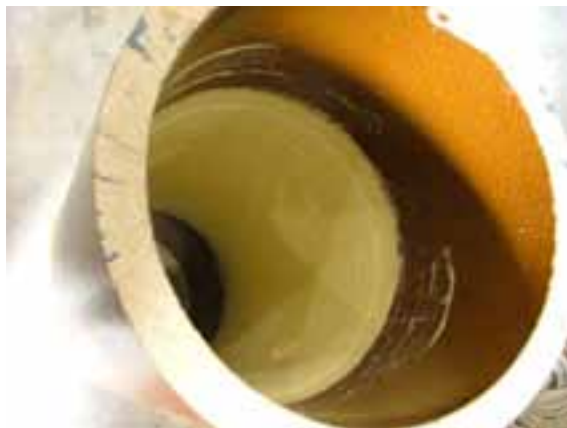


Fig.16: Manguito montado en la tubería de cerámica

Resultados del ensayo de estanqueidad según DIN EN 1610:

Ensayo N°	Fase de carga	Campo de ensayo	Duración ensayo [min]	Caída presión máx admisible [mbar]	Caída de presión medida [mbar]	Resultado
1	Antes de la carga	Manguito con transiciones con la tubería	4	15	2	estanco
2	Tras 200.000 alteraciones de carga		4	15	1	estanco

Ensayo de presión de vértice de larga duración:

(En base a DIN EN 761)

Parámetros utilizados:

- Los ensayos con las probetas H1335-1 a -3 se realizaron en un laboratorio climatizado a 23 °C (+ 1 °C) y 50% (+ 5%) de humedad relativa del aire.
- Para determinar la carga para este ensayo, primero se precisó la rigidez anular inicial y el modulo de elasticidad de corta duración en base a DIN EN 1228.
- El 10 de marzo de 2004 se comenzó con el ensayo de presión de vértice de larga duración, en base a DIN EN 761. Al término de un periodo de carga de 9524 horas, se realizó una evaluación intermedia, el 14 de abril de 2005.

Diseño del ensayo:

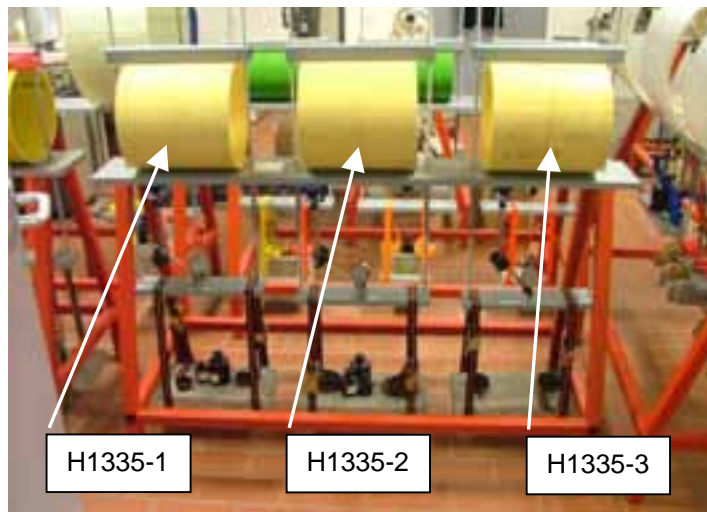


Bild 17: Diseño para el ensayo de presión de vértice de larga duración, en el laboratorio de IKT

Observaciones sobre la evaluación del ensayo:

Según DIN EN 761, la extrapolación de la deformación, medida en un periodo de 50 años mediante un polinomio de primer orden, es admisible, siempre bajo la condición de que la extrapolación de datos sea evaluada en base a DIN EN 705, párrafo 3.1.3. Esta condición se cumple si $M > 0$ (ver ecuación 1) y si la medida de certeza r^2 y el coeficiente de correlación r son mayores a un valor límite.

Las siguientes extrapolaciones cumplen todas estas condiciones, por lo tanto, la extrapolación basada en el procedimiento B, indicado en DIN EN 705, se ha realizado con el polinomio de primer grado.

$$M = \frac{S_x^2}{S_{xy}^2} - \frac{t_v^2 (S_x S_y - S_{xy}^2)}{(n-2)S_y^2} \quad (\text{ecuación 1})$$

Resultados del ensayo:

Al término de una carga de 10.000 horas, los manguitos cortos H1335-1 a -3 no presentaron daños visibles.

Los resultados obtenidos en el ensayo de presión de vértice de larga duración se representan en la siguiente tabla.

Denom. de probeta por IKT	Denominación de la probeta por el Solicitante	Módulo E. de corta duración 3 min	Rigidez anular inicial S_0	Módulo E 1.000 h	Módulo E 2.000 h	Módulo E 5.000 h	Módulo E 10.000 h	Módulo E extrapolado a 438.000 h (=50 años)	A _{50a}
NºWEB		[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
H1335-1	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie:1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	15.662	0,002608	11.850	11.206	10.560	10.321	8.737	1,63
H1335-2	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie:1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	14.670	0,002702	12.114	11.998	El reloj de medición dejó de funcionar			
H1335-3	Tejido: fibra de vidrio Advantex Peso por unidad de superficie:1400 g/m ² Número de capas de fibra de vidrio: 3 Resina: Easy Pur Diámetro nominal: DN 300	10.999	0,002618	8.483	8.008	7.554	7.317	6.200	1,63
	Valor medio	13.764	0,002643	10.826	10.404	9.057	8.819	7.468	1,63