

G.4.1.4. Propiedades físicas del sistema aplicado con PE de baja densidad

Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Despegue catódico	mm ²	--	1000	NAG-108 ANEXO B
Resistencia a la penetración	mm	--	0,30	DIN 30670
Adherencia	N/cm	70	--	DIN 30670
Resistencia específica	$\Omega \cdot m^2$	10 ⁸	--	DIN 30670
Elongación	%	200	--	DIN 30670
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	25	--	ASTM D 149
Espesor:	mm			DIN 30670
$\varnothing n \leq 102$ mm				
Estándar		1,8	--	
Reforzado		2,5	--	
$102 \text{ mm} \leq \varnothing n \leq 254$ mm				
Estándar		2,0	--	
Reforzado		2,5	--	
$254 \text{ mm} < \varnothing n \leq 508$ mm				
Estándar		2,2	--	
Reforzado		3,0	--	
$508 \text{ mm} < \varnothing n \leq 762$ mm				
Estándar		2,5	--	
Reforzado		3,5	--	
$\varnothing n > 762$ mm				
Estándar		3,0	--	
Reforzado		3,5	--	
Resistencia al impacto:	J/mm			DIN 30670
$\varnothing n \leq 60,3$ mm		3,5	--	
$73 \text{ mm} \leq \varnothing n \leq 203$ mm		4,25	--	
$\varnothing n > 203$ mm		5,00	--	
Detección de fallas		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento a la luz		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento al calor		satisfactorio		DIN 30670
Resistencia a microorganismos		satisfactorio		IRAM 1456-3

G.4.2. Polietileno extruido. Sistema tricapa con adhesivos duros y polietileno de alta densidad

El sistema denominado polietileno extruido (AD) tricapa consiste en:

- Una película de resina epoxi en polvo de 120 μm de espesor como mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- Una película de copolímero o terpolímero, destinado a asegurar la adherencia entre la primera y tercera capa, de espesor mínimo 100 μm aplicada por extrusión.
- Una capa de polietileno de alta densidad aplicada por extrusión.

Los espesores mínimos totales del revestimiento se encuentran indicados en la tabla G.4.2.4. propiedades del sistema aplicado.

G.4.2.1. Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

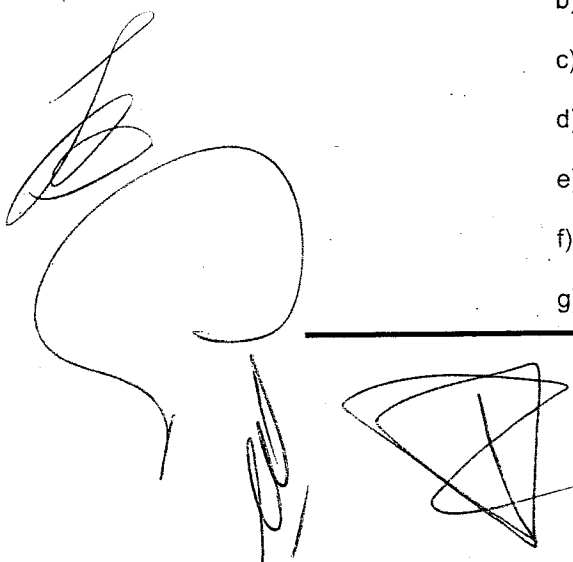
El Aplicador debe recibir del fabricante de la resina en polvo una ficha técnica con los siguientes datos:

- a) Fecha de fabricación y número de partida.
- b) Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- c) Nombre y tipo de resina epoxi en polvo.
- d) Tamaño de partículas y su distribución.
- e) Densidad.
- f) Condiciones de estabilidad durante el almacenamiento.
- g) Rango de temperaturas de aplicación.
- h) Rango y límites de temperaturas de operación del caño revestido.
- i) Contenido de humedad.
- j) Espectrograma infrarrojo.
- k) Curva de temperaturas de gelificación.
- l) Análisis térmico por calorímetro de barrido diferencial (DSC).

G.4.2.2. Propiedades físicas del adhesivo

El Aplicador debe recibir del fabricante del adhesivo duro una ficha técnica con los siguientes datos:

- a) Fecha de fabricación y número de partida.
- b) Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- c) Nombre y tipo del adhesivo.
- d) Tamaño de partículas y su distribución.
- e) Densidad.
- f) Condiciones de estabilidad durante el almacenamiento.
- g) Rango de temperaturas de aplicación.



- h) Rango y límites de temperaturas de operación del caño revestido.
- i) Contenido de humedad.
- j) Espectrograma infrarrojo.

G.4.2.3. Propiedades físicas del polietileno de alta densidad

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Densidad	g/cm ³	0,94	0,96	ASTM D 1505
Índice de fluencia (190 °C, 2,16 kg)	g/10min	0,15	0,80	ASTM D 1238
Elongación a la rotura	%	600	--	ASTM D 638 probeta tipo IV longitudinal 50 mm/min
Tensión de fluencia	MPa	18,5	--	ASTM D 638
Dureza	Shore D	60	--	ASTM D 2240
Punto de ablandamiento	°C	120	--	ASTM D 1525
Temperatura de fragilización	°C	--	-70	ASTM D 746
Tiempo de Inducción oxidativa (oxígeno, 220°C, Cápsula aluminio)	min	10	--	ASTM D 3895
Tiempo de inducción oxidativa (oxígeno, 220°C, c. Alum., s/tamiz)	min	10	--	ASTM D 3895

G.4.2.4. Propiedades físicas del sistema aplicado con PE de alta densidad

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Despegue catódico (28 días, 20 °C)	mm	--	15	CAN/CSA-Z245.21
Despegue catódico (28 días, 65 °C)	mm	--	25	CAN/CSA-Z245.21
Despegue catódico (48 h, 65 °C)	mm	--	10	CAN/CSA-Z245.21
Resistencia a la penetración	mm	--	0,30	DIN 30670
Adherencia	N	150	--	CAN/CSA-Z245.21
Elongación a la rotura	%	300	--	ASTM D 638 probeta tipo IV longitudinal 50 mm/min
Tensión de rotura (Tipo IV; 50 mm/min)	MPa	17	--	ASTM D 638
Espesor (*)	mm			CAN/CSA-Z245.21
Resistencia al impacto	J/mm	3	--	CAN/CSA-Z245.21
Resistencia específica	$\Omega.m^2$	108	--	DIN 30670
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	25	--	ASTM D 149
Detección de fallas		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento a la luz		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento al calor		satisfactorio		DIN 30670
Resistencia a microorganismos		satisfactorio		IRAM 1456-3

(*) Espesor total del revestimiento:

A fin de fijar el espesor mínimo del revestimiento se debe tener en cuenta el peso del caño por unidad de longitud. El contenido de la tabla siguiente define los espesores totales mínimos (epoxi+adhesivo+PEHD).

PEHD: Polietileno de alta densidad

Diámetro del caño (mm)	Espesor mínimo total (mm)
$\varnothing n \leq 114,3$	1,4
$114,3 < \varnothing n \leq 273$	1,6
$273 < \varnothing n \leq 508$	1,8
$508 < \varnothing n \leq 762$	2,0
$\varnothing n > 762$	2,5

En caños con costura del tipo SAW se debe tener en cuenta una tolerancia sobre la costura de hasta un 10% en menos del espesor total mínimo requerido.

Con respecto a la aplicación ésta debe realizarse según lo siguiente:

◆ **Primera capa (epoxi) y segunda capa (adhesivo).**

Los valores de espesor deben ser:

Primera capa (epoxi) entre 120 μm y 150 μm

Segunda capa (adhesivo) entre 200 μm y 300 μm

Tercera capa (PEHD)

SUBGRUPO G.5

G.5.1. Polipropileno extruido. Sistema tricapa

El sistema denominado Polipropileno Extruido Tricapa consiste en:

- Una película de resina epoxi en polvo de 120 μm de espesor como mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- Una película de copolímero o terpolímero, destinado a asegurar la adherencia entre primera y tercera capa, de espesor mínimo 150 μm , aplicada por extrusión.
- Una capa de polipropileno aplicada por extrusión.

G.5.1.1. Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

Ídem G.4.1.1

G.5.1.2. Propiedades físicas del adhesivo

Ídem G.4.1.2.

G.5.1.3. Propiedades físicas del polipropileno

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Tensión de rotura	MPa	14,7	--	ASTM D 1525
Dureza	Shore D	50	--	DIN 53505
Punto ablandamiento	°C	135	--	ASTM D 1525
Punto de fusión (100 g/mm ²)	°C	160	--	ASTM D 1525
Coefficiente lineal de expansión térmica	mm/mm°C	--	0,0002	ASTM D 696
Temperatura de fragilización	°C	--	-50	ASTM D 746
Absorción de agua	%	--	0,1	EN ISO 62
Resistividad volumétrica	$\Omega\cdot\text{cm}$	10 ¹⁷	--	IEC 60093 ASTM D 257

G.5.1.4. Propiedades físicas del sistema aplicado

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Despegue catódico	mm ²	—	500 (23°C) 1000 (80°C)	NAG-108, ANEXO B
Resistencia a la penetración	mm	—	0,1 (20°C) 0,2 (80°C)	DIN 30670
Adherencia 20 °C 80 °C	N/cm	80 30	— —	DIN 30670
Resistencia específica	Ω.m ²	10 ⁸	—	DIN 30670
Elongación	%	200	—	DIN 30670
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	25	—	ASTM D 149
Espesor: Øn ≤ 102 mm 102 mm ≤ Øn ≤ 254 mm 254 mm < Øn ≤ 508 mm 508 mm < Øn ≤ 762 mm Øn > 762 mm	mm	1,8 2,0 2,2 2,5 3,0	— — — — —	DIN 30670
Resistencia al impacto: Øn ≤ 51 mm 76 mm ≤ Øn < 203 mm Øn ≥ 203 mm	J	14 18 20	— — —	DIN 30670
Detección de fallas		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento a la luz		satisfactorio		DIN 30670
Envejecimiento al calor		satisfactorio		DIN 30670
Resistencia a microorganismos		satisfactorio		IRAM 1456-3



SUBGRUPO G.6

G.6.1. Polipropileno sintáctico extruido. Sistema multicapa

El sistema denominado polipropileno sintáctico extruido multicapa consiste en una base anticorrosiva de tres capas, una cuarta capa de aislante térmico y una quinta capa externa que sella y refuerza el sistema (aumenta la protección mecánica, barrera contra la radiación UV y la absorción de agua). Las capas, desde la más interna, en contacto con el caño de acero, a la más externa, consisten de:

- a) Una película de resina epoxi en polvo de 120 μm de espesor como mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- b) Una película de copolímero o terpolímero, destinado a asegurar la adherencia entre la primera y la tercera capa, de espesor mínimo de 250 μm , aplicada por extrusión lateral.
- c) Una capa de polipropileno aplicada por extrusión lateral hasta completar un espesor mínimo total (epoxi más copolímero o terpolímero más polipropileno) de 3mm.

Las capas descritas en a); b) y c) constituyen la base anticorrosiva del sistema aislante térmico. El sistema se completa con:

- d) Varias capas sucesivas de matriz de polipropileno aditivada con microesferas huecas de vidrio, aplicadas por extrusión lateral. Las capas sucesivas quedan fusionadas entre sí conformando una única capa denominada "cuarta capa". El espesor de la cuarta capa depende de los requerimientos térmicos de cada proyecto particular, pero en general puede ser aplicado en espesores de 10 mm a 250 mm.
- e) Una capa de polipropileno sólido aplicada por extrusión lateral sobre la cuarta capa de espesor mínimo de 4mm.

G.6.1.1 Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

Ídem G.4.1.1

G.6.1.2. Propiedades físicas del adhesivo

Ídem G.4.1.2.

G.6.1.3. Propiedades físicas del polipropileno

Ídem G.5.1.3.

G.6.1.4. Propiedades físicas del sistema aplicado

Polipropileno sintáctico: propiedades físicas del sistema aplicado				
Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Adherencia entre capas sucesivas	MPa	5,0	-	ASTM D 638
Densidad del polipropileno sintáctico	g/cm ³	0.650	0.680	ISO 1183
Conductividad térmica del polipropileno sintáctico a 23°C	W/mK	-	0.160	ASTM C 518
Resistencia a la compresión al 10% de deformación a 23°C	MPa	10	-	ASTM D 695
Resistencia a la tracción a la ruptura a 23°C	MPa	6	-	ASTM D 638
Elongación a la ruptura a 23°C	%	30	-	ASTM D 638
Absorción de agua a temperatura y presión de servicio	% en peso	-	2	ASTM D570
Fluencia lenta ("creep") a temperatura y presión de servicio	% volumen	-	3	A definir por el Aplicador

G.6.2. Polipropileno foam extruido. Sistema multicapa

El sistema denominado polipropileno foam extruido multicapa consiste en una base anticorrosiva de tres capas, una cuarta capa de aislante térmico y una quinta capa externa que sella y refuerza el sistema (aumenta la protección mecánica, barrera contra la radiación UV y la absorción de agua). Las capas, desde la más interna, en contacto con el acero de acero, a la más externa, consisten de:

- a) Una película de resina epoxi en polvo de 120 µm de espesor como mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- b) Una película de copolímero o terpolímero, destinado a asegurar la adherencia entre la primera y la tercera capa, de espesor mínimo de 250 µm, aplicada por extrusión lateral.
- c) Una capa de polipropileno aplicada por extrusión lateral hasta completar un espesor mínimo total (epoxi más copolímero o terpolímero más polipropileno) de 3mm.

Las capas descritas en a); b) y c) constituyen la base anticorrosiva del sistema aislante térmico. El sistema se completa con:

- d) Varias capas sucesivas de matriz de polipropileno aditivada con un agente espumante, liberador de CO₂, aplicadas por extrusión



lateral. Las capas sucesivas quedarán fusionadas entre sí conformando una única capa denominada "cuarta capa". El espesor de la cuarta capa debe ser función de los requerimientos térmicos de cada proyecto particular.

- e)) Una capa de polipropileno sólido aplicada por extrusión lateral sobre la cuarta capa de espesor mínimo de 4mm.

G.6.2.1 Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

Ídem G.4.1.1

G.6.2.2. Propiedades físicas del adhesivo

Ídem G.4.1.2.

G.6.2.3. Propiedades físicas del polipropileno

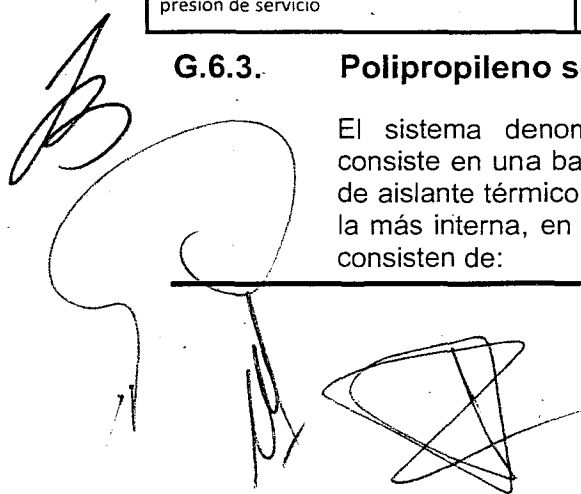
Ídem G.5.1.3.

G.6.2.4 Propiedades físicas del sistema aplicado

Polipropileno foam: propiedades físicas del sistema aplicado				
Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Adherencia entre capas sucesivas	MPa	5	-	ASTM D 638
Densidad del polipropileno sintáctico	g/cm ³	0.700	0.760	ISO 1183
Conductividad térmica del polipropileno sintáctico a 23°C	W/mK	-	0.160	ASTM C 518
Resistencia a la compresión al 5% de deformación a 23°C	MPa	10	-	ASTM D 695
Resistencia a la tracción a la ruptura a 23°C	MPa	5	-	ASTM D 638
Elongación a la ruptura a 23°C	%	70	-	ASTM D 638
Absorción de agua a temperatura y presión de servicio	% en peso	5	-	ASTM D570
Fluencia lenta ("creep") a temperatura y presión de servicio	% volumen	3	-	A definir por el aplicador

G.6.3. Polipropileno sólido extruido. Sistema multicapa

El sistema denominado polipropileno sólido extruido multicapa consiste en una base anticorrosiva de tres capas y una cuarta capa de aislante térmico en base a polipropileno sólido. Las capas, desde la más interna, en contacto con el tubo de acero, a la más externa, consisten de:





- a) Una película de resina epoxi en polvo de 120 μm de espesor como mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- b) Una película de copolímero o terpolímero, destinado a asegurar la adherencia entre la primera y la tercera capa, de espesor mínimo de 250 μm , aplicada por extrusión lateral.
- c) Una capa de polipropileno aplicada por extrusión lateral hasta completar un espesor mínimo total (epoxi más copolímero o terpolímero más polipropileno) de 3mm.

Las capas descritas en a); b) y c) constituyen la base anticorrosiva del sistema aislante térmico. El sistema se completa con:

- d) Varias capas sucesivas de polipropileno sólido aplicadas por extrusión lateral. Las capas sucesivas quedarán fusionadas entre sí conformando una única capa denominada "cuarta capa". El espesor de la cuarta capa será función de los requerimientos térmicos de cada proyecto particular.

G.6.3.1. Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

Ídem G.4.1.1

G.6.3.2 Propiedades físicas del adhesivo

Ídem G.4.1.2.

G.6.3.3. Propiedades físicas del polipropileno

Ídem G.5.1.3.

G.6.3.4. Propiedades físicas del sistema aplicado

Polipropileno sólido: propiedades físicas del sistema aplicado				
Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Adherencia entre capas sucesivas	MPa	5	-	ASTM D 638
Densidad del polipropileno sólido	g/cm ³	0.90	0.92	ISO 1183
Conductividad térmica del polipropileno sintáctico a 23°C	W/mK	-	0.22	ASTM C 518
Resistencia a la compresión al 10% de deformación a 23°C	MPa	25	-	ASTM D 695
Resistencia a la tracción a la ruptura a 23°C	MPa	20	-	ASTM D 638
Elongación a la ruptura a 23°C	%	300	-	ASTM D 638
Absorción de agua a temperatura y presión de servicio	% en peso	-	3	ASTM D 570

G.7. Guía de aplicación

La siguiente guía es aplicable a los Subgrupos G.1, G.2, G.3, G.4 y G.5. y a la base anticorrosiva de los sistemas aislantes térmicos multicapa correspondientes al Subgrupo G.6.

G.7.1 Las poliolefinas extruídas descritas en el Grupo G, se emplean como revestimiento integral de cañerías. La aplicación se realiza en obrador hasta una distancia de 150 mm como máximo, de los extremos, con miras a la ejecución de la unión soldada. En el caso de los revestimientos de alto espesor (subgrupo G.6.), los extremos del revestimiento deben terminarse en un ángulo o chaflán de entre 30° y 45° con respecto al eje longitudinal del tubo.

G.7.2. Preparación de la superficie

La superficie de la cañería, previa a la aplicación del revestimiento, debe estar libre de polvo, grasas, aceites o cualquier otro material extraño, los que deben eliminarse con solventes, detergentes o cualquier otro producto compatible con el revestimiento a aplicar.

Luego de la limpieza previa, la cañería debe granallarse hasta alcanzar el grado Sa 2½ de la norma ISO 8501-1. La superficie debe presentar una rugosidad comprendida entre 80 µm ± 20 µm cuando es medida con cinta replicante y ser de naturaleza angulosa.

Finalmente, para verificar la ausencia de polvo o residuos del proceso de granallado, inmediatamente antes de la aplicación del revestimiento,

se debe observar el cumplimiento de lo indicado en el Anexo D de esta norma.

G.7.3. Condiciones ambientales

No se puede aplicar el revestimiento caso de que la humedad relativa ambiente (HR) supere al 85%. En caso de interrupción del proceso, la cañería ya granallada se puede revestir siguiendo las siguientes pautas:

- Si $HR > 80\%$, dentro de las 2 h
- Si $70\% < HR \leq 80\%$ dentro de las 3 h
- Si $HR \leq 70\%$ dentro de las 4 h

Superadas las 4 h de interrupción, la cañería debe granallarse nuevamente.

En todo los casos la temperatura del tubo debe estar $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima del punto de rocío, de lo contrario las tareas deben ser interrumpidas.

G.7.4. Rangos de temperatura de operación

Según fabricante.

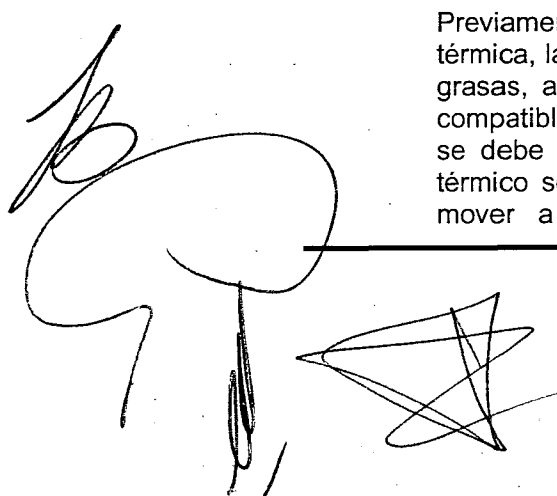
G.7.5. Espesores reforzados (no aplicable a revestimientos del Subgrupo G.6)

Los cruces de ríos, arroyos lagunas y salitrales los distintos grupos se utilizan con espesores reforzados.

G.7.6 Terminación de los sistemas aislantes térmicos multicapa (Subgrupo G.6)

Una vez finalizada, inspeccionada y aprobada la base anticorrosiva (Secciones G.7.1 a G.7.5) los tubos se ingresan nuevamente a la línea de revestimiento, donde se les aplica, por extrusión lateral, una capa de aproximadamente 10 mm de aislante térmico (polipropileno sintáctico, polipropileno foam o polipropileno sólido, según sea el caso).

Previamente a la aplicación de las capas sucesivas de aislación térmica, la superficie de la base anticorrosiva debe estar libre de polvo, grasas, aceites o humedad, los que deben eliminarse con productos compatible con el revestimiento a aplicar. Luego, la base anticorrosiva se debe calentar e inmediatamente después, una capa de aislante térmico se aplica por extrusión lateral. El tubo así revestido se debe mover a lo largo de una línea de enfriamiento y, finalmente,



inspeccionado. El ciclo se repite tantas veces como sea necesario hasta alcanzar el espesor requerido de aislación térmica. Finalmente, y mediante el mismo proceso, se aplica una capa de polipropileno sólido que sella el sistema.

En el caso del polipropileno sólido extruido (G.6.3), el proceso se realiza extrudando solamente capas sucesivas de polipropileno sólido.

G.7.7. Revestimiento de las uniones soldadas

Para las cañerías que operan a temperaturas $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, las uniones soldadas se revisten con:

- a) Laminados plásticos del Grupo B.
- b) Mantas termocontraíbles.

Para las cañerías que operan a temperaturas superiores a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, las uniones soldadas se revisten con los mismos materiales teniendo en cuenta que éstos se ajusten a las temperaturas de operación de las cañerías sobre las que se va aplicar.

Las uniones soldadas de los revestimientos del Subgrupo G.6 están basadas en sistemas de poliuretano inyectado, polipropilenos inyectados o piezas premoldeadas de polipropileno (sección a definir) aplicadas sobre un sistema anticorrosivo.

G.7.8. Calentamiento de la superficie

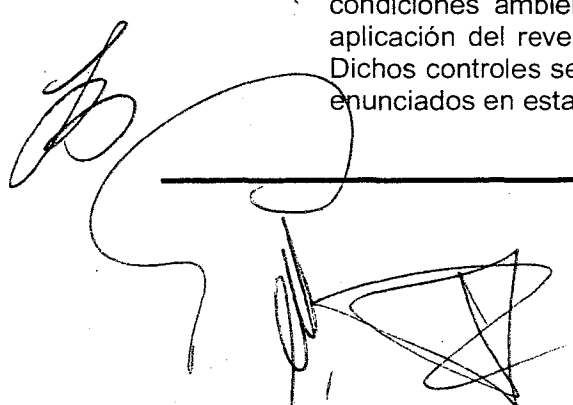
El calentamiento del sustrato metálico previo a la aplicación de los materiales termocontraíbles se puede efectuar por:

- a) Inducción con equipos fijos o de campo.
- b) Con hornos o quemadores de gas natural o licuado.

De las dos alternativas técnicas, se da preferencia a la primera.

G.8. Guía para la inspección

La inspección debe tener a su cargo la supervisión de las pruebas y ensayos que efectúe el Aplicador con el fin de controlar las condiciones ambientales, la limpieza de la superficie de acero, la aplicación del revestimiento y sus características una vez aplicado. Dichos controles se realizan de acuerdo con los métodos de ensayo enunciados en esta norma.



G.8.1. Controles sistemáticos

Los controles sistemáticos, es decir, los que se deben efectuar permanentemente y con una frecuencia preestablecida, son los siguientes:

- ◆ Control visual del aspecto (100% de la cañería).
- ◆ Detección eléctrica de fallas (100% de la cañería).
- ◆ Control de la distancia del revestimiento al extremo del caño (100% de la cañería).
- ◆ Control de las condiciones ambientales (cada 3 h como mínimo).
- ◆ Control de la limpieza de la superficie y perfil de granallado (cada 2 h como mínimo).

Se deben efectuar sobre la producción, los siguientes ensayos y en la frecuencia mínima indicada:

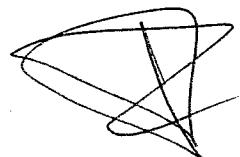
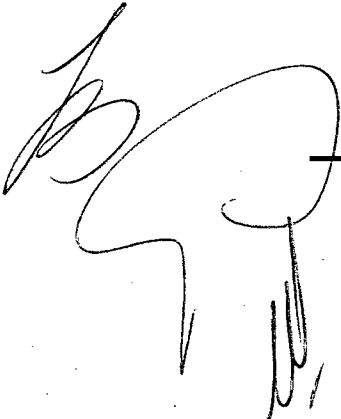
- ◆ Medición de espesores. Frecuencia: 10% de la producción.
- ◆ Control de adherencia. Frecuencia: al inicio del proceso y por turno (máximo 12 h).
- ◆ Resistencia al impacto. Frecuencia: un ensayo por turno (máximo 12 h).
- ◆ Ensayo de penetración. Frecuencia: un ensayo por lote de material (igual diámetro y espesor).
- ◆ Ensayo de curado de la imprimación epoxi con MEK (Metil Etil Cetona), en el caso de los sistemas tricapa. Frecuencia: una vez por turno al inicio del proceso.

G.8.2. Controles no sistemáticos

Todos los ensayos que figuran en esta norma, no mencionados en el punto G.8.1., se pueden efectuar al iniciar las tareas para una obra en particular a pedido del Inspector y se deben repetir como mínimo una vez por año o cuando existan dudas respecto de los materiales empleados o del funcionamiento de la planta.

G.8.3. Aceptación y rechazo

Se deben rechazar todos los caños revestidos que tengan las siguientes características:





- a) Presenten protuberancias, hendiduras o cualquier otra irregularidad que discontinúe la superficie del revestimiento la cual debe ser lisa, homogénea y uniforme.
- b) Presenten más de dos fallas al ser chequeados con el detector eléctrico.
- c) Tengan una distancia entre el extremo y el revestimiento (para la soldadura) superior a 150 mm.
- d) No cumplan con el espesor mínimo especificado.
- e) No cumplan con el ensayo de adherencia especificado.
- f) No cumplan con el valor de resistencia al impacto especificado.
- g) No satisfagan el ensayo de penetración.
- h) No verifiquen el curado de la imprimación epoxi.

En el caso de que alguna de estas deficiencias se produzca en más de tres caños sucesivos durante la producción, ésta debe ser detenida por el Inspector, hasta que el Aplicador las corrija.

La producción también se debe detener en caso de no verificarse uno o más de los ensayos de control no sistemático y se debe reiniciar únicamente cuando el Aplicador determine y corrija el origen de esa deficiencia.

G.8.4. Reparación

Únicamente se pueden reparar los caños revestidos que tengan no más de dos fallas determinadas en la detección eléctrica.

Las reparaciones se deben efectuar con materiales compatibles con el revestimiento base, previa aprobación de la Inspección.

GRUPO H

H. Revestimientos a base de poliolefinas termocontraíbles

Los revestimientos a base de poliolefinas termocontraíbles son láminas constituidas por dos elementos básicos:

- ◆ Una capa externa termocontraíble.
- ◆ Una capa interna de adhesivo.

El material de la capa externa termocontraíble es un polímero, en general polietileno, transformado de material termoplástico en termoestable con "memoria elástica".

El adhesivo de la capa interna puede ser de tipo blando (mastic) o bien duro (hot-melt). Este último posee mayor resistencia a los esfuerzos de corte que actúan en la interfase metal-revestimiento.

Por otra parte, se distinguen también los sistemas termocontraíbles de baja o alta relación de contracción según tengan que cubrir superficies regulares o con resaltes geométricos, respectivamente.

Se presentan en general en forma de cintas, mantas, tubos, manguitos o piezas premoldeadas.

Los materiales termocontraíbles se aplican sobre la superficie de acero a cubrir, previamente acondicionada y calentada a la temperatura especificada por el fabricante. La cara interior del revestimiento, al tomar contacto con el sustrato caliente, se funde y se adhiere a éste. El calentamiento posterior de la cara externa provoca la contracción del polímero, ajustando el conjunto a la superficie.

Algunos productos termocontraíbles incluyen en la operación de aplicación, la imprimación previa del área a revestir mediante un imprimador epoxídico. A este tipo de esquema se lo denomina sistema tricapa.

SUBGRUPO H.1

H.1. Mantas y tubos de alta y baja relación de contracción

H.1.1. Propiedades físicas del material base

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	0,75 -valor nominal- (sin aplicar)		ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	Mpa	14,7	--	ASTM D 638
Elongación a la rotura	%	400	--	ASTM D 638
Absorción de agua (24 h, 23 °C)	%	—	0,5	ASTM D 570
Rigidez dieléctrica	KV/mm	19	--	ASTM D 149
Resistividad volumétrica	Ω .cm	10^{14}	--	ASTM D 257
Choque térmico (condición: a 225 °C por 4 h)	visual	no presenta cambios		ASTM D 2671
Modificación dimensional	Longitudinal Transversal	%	25 7	ASTM D 2732

H.1.2. Propiedades físicas del adhesivo

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo	
Espesor	mm	1,00 -valor nominal- (sin aplicar)	--	ASTM D 1000	
Punto de ablandamiento (anillo y esfera)	°C	s/valor del Fabricante		ASTM E 28	
Absorción de agua	%	—	1	ASTM D 570	
Resistencia al cizallamiento	a 23 °C a T _{máx.}	N/mm ²	$\geq 1,0$ $\geq 0,07$	-- --	ISO 21809-3 tabla 14 tipo B, Anexo L

H.1.3. Propiedades físicas de la imprimación

El fabricante debe presentar, para los sistemas con imprimadores epoxídicos, una certificación por cada partida de material con los siguientes datos:

- Fecha de fabricación y número de partida.
- Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- Tipo y color de pintura.

ENARGAS



- d) Densidad (de cada componente y de la mezcla).
- e) Contenido de sólidos.
- f) Relación y tiempo de mezclado.
- g) Punto de inflamación (de cada componente).
- h) Vida útil de los componentes sin mezclar en sus envases originales (shelf life).
- i) Vida útil de la mezcla a distintas temperaturas (pot life)
- j) Espesor necesario para la aplicación del termocontraíble.
- k) Tiempos de secado y/o curado a distintas temperaturas, requeridos para la aplicación del termocontraíble.
- l) Temperaturas límite de aplicación y de operación.



H.1.4. Propiedades físicas del sistema aplicado

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Despegue catódico a 23 °C a T _{máx.}	mm	- -	10 20	EN 12068 Anexo K
Resistencia a la penetración a 23 °C a T _{máx.}	N/mm ² N/mm ²	10 10		EN 12068 Anexo G
Detección de defectos, o Espesor residual	mm	Pasa 0,6		
Resistencia específica de aislamiento eléctrico: R _{S100}	Ω.m ²	10 ⁸	-	EN 12068 Anexo J
R _{S100} /R _{S70}		0,8	-	
Resistencia al impacto a 23 °C	J	15	-	EN 12068 Anexo H
Adherencia: s/ superficie de la cañería a 23 °C a T _{máx.} s/ revestimiento de fabrica a 23 °C a T _{máx.}	N/mm	1,0 0,1 0,4 0,04	- - - -	EN 12068 Anexo C
Resistencia al envejecimiento térmico: Relación de: - resistencia a la tracción - alargamiento a la rotura - resistencia al desprendimiento capa a capa - resistencia al desprendimiento de la superficie de la cañería		$1,25 \geq S_{100}/S_0 \geq 0,75$ $S_{100}/S_{70} \geq 0,8$ $1,25 \geq E_{100}/E_0 \geq 0,75$ $E_{100}/E_{70} \geq 0,8$ $P_{100}/P_T \geq 0,75$ $P_{100}/P_{70} \geq 0,8$ $A_{100}/A_T \geq 0,75$ $A_{100}/A_{70} \geq 0,8$		EN 12068 Anexo E
Resistencia al suelo (condición: 24 h a T _{máx.})	mm	-	1,6	TP 206
Inmersión en agua caliente		28 días de inmersión en agua a T _{máx.} , luego adherencia a 23°C, valor $\geq 1,5$ N/mm (Anexo I)		ISO 21809-3 tabla 14

SUBGRUPO H.2

H.2. Cintas termocontraíbles

H.2.1. Propiedades físicas del material base

Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	Mpa	13,7	--	ASTM D 638
Elongación a la rotura	%	300	--	ASTM D 638
Temperatura de ablandamiento (Vicat)	°C	105	--	ASTM D 1525
Absorción de agua (24 h, 23 °C)	%	--	0,5	ASTM D 570
Rigidez dieléctrica	KV/mm	19	--	ASTM D 149
Resistividad volumétrica	Ω .cm	10^{14}	--	ASTM D 257

H.2.2. Propiedades físicas del adhesivo

Propiedad	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Densidad relativa	--	1,05	1,15	ASTM D 792
Viscosidad a 160°C	Poise	100	--	ASTM D 1084
Punto de ablandamiento (anillo y esfera)	°C	50	--	ASTM E 28
Absorción de agua	%	--	1	ASTM D 570
Resistividad volumétrica	Ω .cm	10^{10}	--	ASTM D 257
Índice de saponificación	mgOHK/g	--	10	EN 12068

H.2.3. Propiedades físicas del sistema aplicado

Ídem H.1.4.

SUBGRUPO H.3

H.3. Cintas termocontraíbles de gran flexibilidad

H.3.1. Propiedades físicas del material base

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	MPa	13,7	--	ASTM D 638
Elongación a la rotura	%	300	--	ASTM D 638
Temperatura de ablandamiento (vicat)	°C	105	--	ASTM D 1525
Absorción de agua (24 h, 23 °C)	%	--	0,5	ASTM D 570
Rigidez dieléctrica	KV/mm	19	--	ASTM D 149
Resistividad volumétrica	Ω.cm	10 ¹⁴	--	ASTM D 257

H.3.2. Propiedades físicas del adhesivo

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Densidad relativa	--	1,05	1,15	ASTM D 792
Viscosidad a 160°C	Poise	100	--	ASTM D 1084
Punto de ablandamiento (anillo y esfera)	°C	50	--	ASTM E 28
Absorción de agua	%	--	1	ASTM D 570
Resistividad volumétrica	Ω.cm	10 ¹⁰	--	ASTM D 257
Índice de saponificación	mgOHK/g	--	10	EN 12068

H.3.3. Propiedades físicas del sistema aplicado

Ídem H.1.4.

SUBGRUPO H.4

H.4. Piezas moldeadas termocontraíbles

H.4.1. Propiedades físicas del material base

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	MPa	13,7	--	ASTM D 638
Elongación a la rotura	%	300	--	ASTM D 638
Temperatura de ablandamiento (Vicat)	°C	105	--	ASTM D 1525
Absorción de agua (24 h, 23 °C)	%	--	0,5	ASTM D 570
Rigidez dieléctrica	KV/mm	19	--	ASTM D 149
Resistividad volumétrica	Ω .cm	10^{14}	--	ASTM D 257

H.4.2. Propiedades físicas del adhesivo

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Espesor	mm	1	--	ASTM D 1000
Densidad relativa	--	1,05	1,15	ASTM D 792
Viscosidad a 160°C	poise	100	--	ASTM D 1084
Punto de ablandamiento (anillo y esfera)	°C	50	--	ASTM E 28
Absorción de agua	%	--	1	ASTM D 570
Resistividad volumétrica	Ω .cm	10^{10}	--	ASTM D 257
Índice de saponificación	mgOHK/g	--	10	EN 12068

H.4.3. Propiedades físicas del sistema aplicado

Ídem H.1.4.

H.5. Guía de aplicación

- a) Las cintas termocontraíbles descritas en los subgrupos H.2 y H.3, se emplean como revestimiento integral de cañerías. La aplicación se efectúa en Plantas de Revestimiento hasta una distancia de 150 mm como máximo de los extremos, teniéndose en cuenta la aplicación de la unión soldada.
- b) Las mantas y tubos de baja relación de contracción se pueden emplear en:
- ◆ Revestimiento de uniones soldadas.
 - ◆ Revestimiento de tramos rectos y cortos de cañería.
 - ◆ Reparación de revestimientos dañados.
- c) Las mantas y tubos de alta relación de contracción y las piezas premoldeadas termocontraíbles se pueden emplear en:
- ◆ Revestimiento de uniones bridadas.
 - ◆ Revestimiento de tes de derivación.
 - ◆ Sellado entre caños camisa y caños conductores.
 - ◆ Sellado de juntas campana/espiga.

H.5.1. Rangos de temperatura de operación

La temperatura máxima de operación continua ($T_{\text{máx}}$) para los materiales del Grupo H, debe ser la especificada por el fabricante. En ausencia de cualquier indicación específica, los recubrimientos se consideran adecuados para el empleo a una temperatura máxima de operación continua ($T_{\text{máx}}$) hasta 30 °C; por sobre 30 °C sólo se aceptan $T_{\text{máx}}$ mayores a 50 °C. La verificación de las propiedades enunciadas en el apartado H.1.4. que indiquen $T_{\text{máx}}$ debe efectuarse sometiendo las probetas a la temperatura máxima de operación continua especificada por el fabricante.

H.5.2. Preparación de la superficie

La superficie de la cañería, previa a la aplicación del revestimiento, debe estar libre de polvo, grasas, aceites o cualquier otro material extraño, los cuales deben eliminarse teniéndose en cuenta la norma ISO 8501-1.

Luego de la limpieza previa, la cañería debe granallarse o arenarse a "metal casi blanco", grado Sa 2½ de la norma ISO 8501-1.

Finalmente, para verificar la ausencia de polvo o residuos del proceso de granallado, inmediatamente antes de la aplicación del revestimiento, se observará el cumplimiento de la norma ISO 8503-5.

H.5.3. Calentamiento de la superficie

El calentamiento del sustrato metálico previo a la aplicación de los materiales termocontraíbles se puede efectuar por:

- a) Inducción con equipos fijos o de campo.
- b) Con hornos o quemadores de gas natural o licuado.
- c) Con soplonés alimentados a gas natural o licuado.

En todos los casos debe asegurarse que la temperatura alcanzada sea la especificada por el fabricante y homogénea en toda la superficie de la tubería, mediante el empleo de pirómetros adecuados.

Para diámetros de cañería mayores a 16", se da preferencia al empleo de la opción a), o utilizarse dos soplonés en el caso de la opción c). Deben adoptarse todas las medidas necesarias a fin de evitar la pérdida de temperatura por la acción del viento o las inclemencias climáticas en general mediante la utilización, por ejemplo, de carpas portátiles.

Asimismo, se debe prever el empleo de elementos de protección personal adecuados para evitar cualquier perjuicio a los operarios en la operación con soplonés.

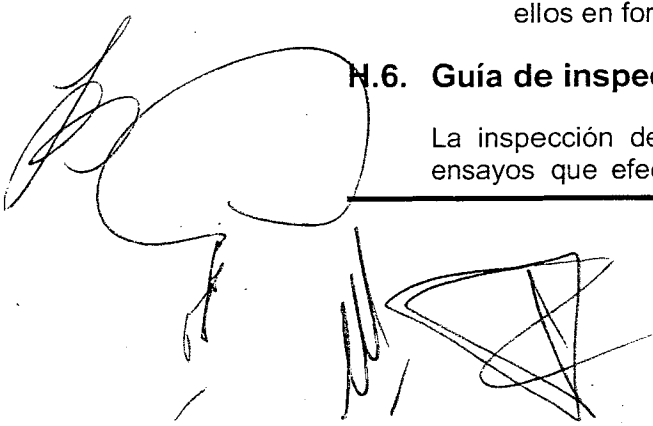
H.5.4. Anchos y sobrepuestos

Las cintas termocontraíbles se deben aplicar en forma helicoidal con un solape mínimo de 50 mm.

Los mantas termocontraíbles se sobrepondrán en 50 mm a los revestimientos existentes y entre sí cuando se instalen varios de ellos en forma consecutiva.

H.6. Guía de inspección

La inspección debe tener a su cargo la supervisión de las pruebas y ensayos que efectúe el Aplicador con el fin de controlar las condiciones





ambientales, la limpieza de la superficie de acero, la aplicación del revestimiento y sus características una vez aplicado. Dichos controles se realizan de acuerdo con los métodos de ensayo enunciados en esta norma.

H.6.1. Controles sistemáticos

Los controles sistemáticos, es decir, los que se deben efectuar permanentemente y con una frecuencia preestablecida, son los siguientes:

- ◆ Control visual del aspecto (100% de la producción).
- ◆ Detección eléctrica de fallas (100% de la producción).
- ◆ Control de la distancia del revestimiento al extremo del caño y del solapado mínimo (100% de la producción).
- ◆ Control de la limpieza de la superficie (100% de la producción).
- ◆ Control de adherencia (10% de la producción).
- ◆ Resistencia al impacto (1% de la producción).

H.6.2. Controles no sistemáticos

Todos los ensayos que figuran en esta norma, no mencionados en el apartado H.6.1., se pueden efectuar al iniciar las tareas para una obra en particular a pedido del Inspector de la Licenciataria, y se deben repetir como mínimo una vez por año o cuando existan dudas respecto de los materiales empleados o del funcionamiento de la Planta.

H.6.3. Aceptación y rechazo

Se deben rechazar todos los caños, uniones soldadas o accesorios revestidos que tengan las siguientes características:

- a) Presenten protuberancias, hendiduras o cualquier otra irregularidad que discontinúe la superficie del revestimiento la cual debe ser lisa, homogénea y uniforme.
- b) Presenten más de dos fallas al ser chequeados con el detector eléctrico.
- c) Tengan una distancia entre el extremo del caño y el revestimiento superior a 150 mm (en el caso de las cintas).
- d) Tengan un solapado inferior a 50 mm.


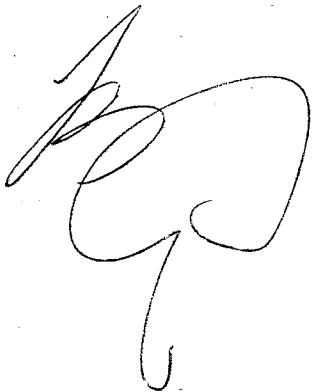
- e) No cumplan con el espesor mínimo especificado.
- f) No cumplan con el ensayo de adherencia especificado.
- g) No cumplan con el valor de resistencia al impacto especificado.

Para el caso que alguna de estas deficiencias se produzca en más de tres caños, mantas, o accesorios en forma sucesiva, durante la producción y/o la aplicación, el proceso será detenido por la Inspección, hasta que el inconveniente sea corregido.

H.6.4. Reparación

Únicamente pueden repararse los caños, mantas, o accesorios revestidos que tengan no más de dos fallas localizadas por la detección eléctrica.

Las reparaciones se efectúan exclusivamente con sistemas compatibles con el revestimiento base, previa aprobación de la Inspección.



GRUPO I

I. Revestimientos anticorrosivos a base de ceras microcristalinas de petróleo.

(Aplicación en frío y caliente)

I.1. Objeto

En este Grupo se establecen las propiedades físicas de los materiales, las del sistema aplicado, la guía de aplicación y la guía para la inspección, de los sistemas anticorrosivos para la protección anticorrosiva de superficies metálicas, compuestos por ceras microcristalinas de petróleo de aplicación en frío y caliente y cintas constituidas por una estructura de fibra sintética saturada con una mezcla de ceras microcristalinas de petróleo.

I.2. Alcance

I.2.1. Este sistema de protección anticorrosiva se puede emplear para el revestimiento permanente de cañerías de acero nuevas o reparaciones de campo (parches), soldaduras, reacondicionamiento de cañerías y -debido a su fácil adaptación a superficies irregulares- al revestimiento de accesorios y para rellenar espacios entre bridas, a instalar bajo tierra o empotrados.

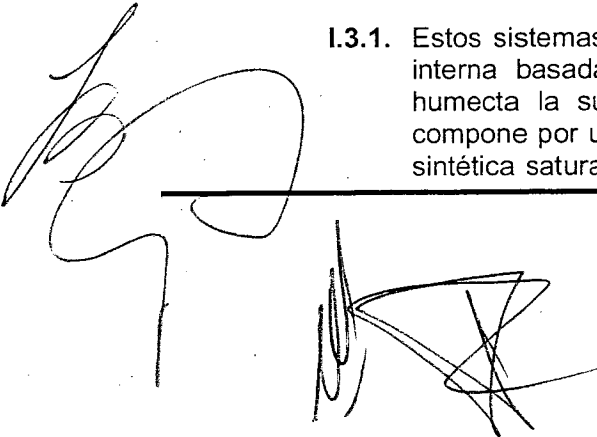
I.2.2. Estos revestimientos están clasificados para trabajar en un rango de temperaturas de operación de:

- ◆ aplicados en frío: -40 °C a 49 °C.
- ◆ aplicados en caliente: -23 °C a 49 °C

I.2.3. En aquellas zonas donde se produzcan o puedan preverse movimientos del suelo o movimientos relativos entre el suelo y los elementos a proteger, debe realizarse una comprobación previa de la aptitud de estos revestimientos para permanecer indemnes ante esas solicitudes.

I.3. Materiales y componentes del sistema

I.3.1. Estos sistemas deben estar compuestos por dos capas, una interna basada en una mezcla de ceras de petróleo que humecta la superficie recubriéndola. La segunda capa se compone por una cinta constituida por una estructura de fibra sintética saturada con una mezcla de ceras de petróleo sobre



una capa de soporte o refuerzo, que actúa como resistencia mecánica y dieléctrica adicional protegiendo la primer capa. El principio de protección del sistema se basa en la baja absorción de humedad y alta barrera dieléctrica.

Este conjunto debe estar protegido por una envoltura exterior que actúe como refuerzo mecánico, pudiendo ser un material de espesor delgado o una segunda cobertura con la cinta saturada.

I.3.1.1. Ceras de petróleo.

Están compuestas por ceras microcristalinas de petróleo y plastificantes, pudiendo contener agregados, inhibidores o aditivos que sean compatibles con el sistema.

Se utiliza como acondicionador de la superficie para humectarla, para desplazar humedad, para detener la corrosión activa, y asegurar la adhesión de la cinta de cera.

Debe cumplir con los requisitos de las tablas N° 1a ó 1b, según corresponda.

I.3.1.2. Cintas saturadas con cera de petróleo.

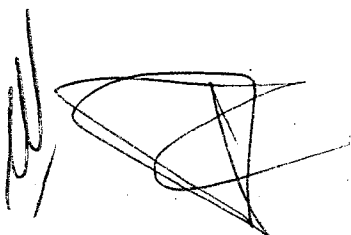
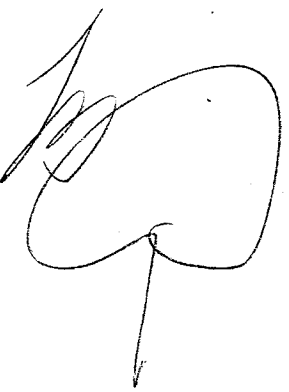
Las cintas se componen por una estructura de fibra sintética saturada con una mezcla de ceras de petróleo, laminada sobre un film de soporte que actúa como refuerzo, compatible con la cera que corresponda según la aplicación en frío o caliente.

La fibra se satura por una cera microcristalina de petróleo, plastificante e inhibidores anticorrosivos.

El sistema de revestimiento debe cumplir los requisitos de las tablas N° 2a ó 2b, según corresponda.

I.3.1.3. Capa de refuerzo externo

Para protección mecánica se utiliza una cobertura externa de materiales aptos, tales como películas plásticas, telas de fibra de vidrio o fibras sintéticas. Si las condiciones de manipuleo o instalación lo requieren, se coloca una segunda capa de refuerzo.





La capa de refuerzo debe cumplir los requisitos de la tabla N°3.

I.4. Propiedades físicas de los materiales:

Los materiales constitutivos del sistema deben ser químicamente estables, totalmente inertes, compatibles con otros revestimientos y deben cumplir con los requisitos enumerados en las siguientes tablas.

A collection of handwritten signatures and scribbles in black ink, located in the bottom left corner of the page. The signatures are stylized and difficult to decipher.

I.4.1. Propiedades físicas de la cera de petróleo

Tabla N° 1 a

(Aplicación en caliente)

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Peso específico relativo a 25 °C	-	0,85	0,92	ASTM D 70
Penetración (aguja) a 25 °C	-	26	50	ASTM D 1321
Punto de fusión	°C	71	79	ASTM D 127
Punto de inflamación	°C	260	-	ASTM D 92
Adherencia	-	Satisfactorio		ASTM D 3359
Resistencia dieléctrica	V/μm	4	-	ASTM D 149
Resistencia a los hongos	-	No se observará crecimiento		ASTM G 21
Resistencia a las bacterias	-	No se observará crecimiento		IRAM 1456-3

Tabla N° 1 b

(Aplicación en frío)

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Peso específico relativo a 25 °C	-	0,88	1,25	ASTM D 70
Penetración (cono) a 25 °C	-	74	224	ASTM D 937
Punto de congelación	°C	57	68	ASTM D 938
Punto de inflamación	°C	66	-	ASTM D 92
Adherencia	-	Satisfactorio		ASTM D 3359
Resistencia dieléctrica	V/μm	4	-	ASTM D 149
Resistencia a los hongos	-	No se observará crecimiento		ASTM G-21
Resistencia a las bacterias	-	No se observará crecimiento		IRAM 1456-3

I.4.2. Propiedades físicas de la cinta de cera de petróleo.

Tabla N° 2 a

(Aplicación en caliente)

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Espesor del film de fibra saturada	μm	250	360	ASTM D 1000
Espesor del film soporte	μm	13	25	ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	MPa	0,65	1,3	ASTM D 1000
Elongación a la rotura	%	30	80	ASTM D 1000
Punto de fusión de la cera	$^{\circ}\text{C}$	71	99	ASTM D 127
Resistencia dieléctrica	$\text{V}/\mu\text{m}$	14	-	ASTM D 149

Tabla N° 2 b

(Aplicación en frío)

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Espesor del film de fibra saturada	μm	1000		ASTM D 1000
Punto de congelación del saturado	$^{\circ}\text{C}$	63	71	ASTM D 1000
Punto de inflamación del saturado	$^{\circ}\text{C}$	60		ASTM D 127
Resistencia dieléctrica	$\text{V}/\mu\text{m}$	6,7	-	ASTM D 149

I.4.3. Propiedades físicas del refuerzo mecánico.

Tabla N° 3

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Espesor	mm	0,038		ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	MPa	48,5		ASTM D 882
Transmisión de vapor de agua	$\text{g}/\text{m}^2 - 24 \text{ h}$		0,6	ASTM E 96
Resistencia dieléctrica	$\text{V}/\mu\text{m}$	10	-	ASTM D 149

I.5. Propiedades físicas del sistema aplicado

El sistema de revestimiento aplicado en las condiciones indicadas por el fabricante, debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla N° 4.

Tabla N° 4

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Despegue catódico	mm ²	-	1000	ASTM G 8
Medición de espesores	mm	1	-	ASTM G 12
Absorción de agua	%	-	1	ASTM G 9
Detección de fallas	-	no se detectarán fallas		apartado I.7.2

I.6. Guía de aplicación

I.6.1. Preparación de la superficie

La superficie por recubrir debe estar libre de grasas, aceites, aceites emulsionables, barnices o cualquier otro material extraño. Se eliminarán mediante solventes u otros productos adecuados que aseguren la remoción de contaminantes, según lo recomendado por el fabricante.

El grado de limpieza debe responder a SSPC-SP 1.

Se debe realizar una limpieza mecánica manual por medio de un cepillo de cerdas de alambre, eliminando toda la herrumbre suelta, revestimiento suelto, capa de óxido, suciedad y otras materias extrañas.

El grado de limpieza debe responder a SSPC-SP 2.

Si la superficie estuviese mojada, se debe esperar a que seque o se secará con un trapo.

I.6.2. Aplicación

I.6.2.1. En caliente

Se calienta la cera a la temperatura especificada por el fabricante, hasta que llegue al estado líquido para asegurarse la adherencia del revestimiento a la superficie de la cañería.

La aplicación de la cera de petróleo se debe realizar por medio del procedimiento de revestimiento por inundación, especificado por el fabricante.

Luego de la aplicación de la cera de petróleo se realiza una inspección visual, a los efectos de determinar posibles poros pequeños, saltos en el revestimiento y lugares del revestimiento con bajo espesor.

Posterior a la inspección visual se aplica la cinta de cera en forma helicoidal, manteniendo los valores de solapado –mínimo 25,4 mm- y de tensión indicados por el fabricante.

A continuación y para fijar el solapado de la cinta de cera, se aplica una última capa de cera.

Cuando se utilice como alternativa de refuerzo para protección mecánica otros materiales de acuerdo con lo indicado en I.3.1., éstos se aplican de igual forma que la cinta.

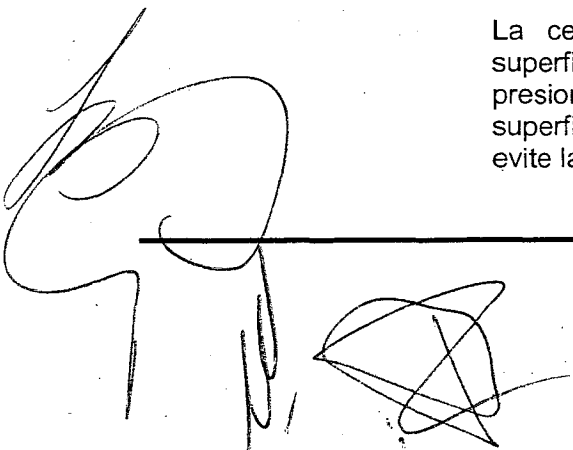
I.6.2.2. En frío

Se aplica manualmente una delgada capa de cera. Cuando haya presencia de humedad la cera se frota y presiona sobre la superficie hasta que se adhiera totalmente. El fabricante debe indicar los procedimientos recomendados y el rango de temperatura de aplicación.

La cera no requiere tiempo de secado ni de curado y la cinta saturada se aplica en forma inmediata para evitar contaminación o abrasión.

La cinta saturada se aplica manualmente en espiral; para superficies irregulares se cortan de la cinta piezas de tamaño y formas adecuadas. En ambos casos debe tener un solapado mínimo de 25,4 mm.

La cera puede usarse para rellenar huecos en superficies irregulares. La cinta saturada se aplica presionando y moldeando en conformidad con la superficie, de tal modo que se adhiera totalmente y evite la formación de cámaras de aire.



Cuando se utilice como alternativa de refuerzo para protección mecánica otros materiales de acuerdo a lo indicado en I.3.1., éstos se aplican de igual forma que la cinta.

I.7. Guía de inspección

La inspección debe tener a su cargo la supervisión de las pruebas y ensayos que efectúe el Aplicador con el fin de controlar las condiciones ambientales, la limpieza de la superficie de acero, la aplicación del revestimiento y sus características una vez aplicado. Dichos controles se realizan de acuerdo con los métodos de ensayo enunciados en esta norma.

I.7.1. Inspección visual

La aplicación del revestimiento se inspecciona visualmente a fin de determinar el cumplimiento de las especificaciones y detectar posibles defectos del revestimiento o deficiencias, por ejemplo, fallas en el solapado, bolsas de aire, etc.

I.7.2. Inspección eléctrica de fallas

Se realiza luego de la inspección visual.

El método consiste en la detección de posibles fallas y poros en el revestimiento mediante el barrido con un electrodo de alta tensión; al pasar sobre una falla, el electrodo genera un arco voltaico que se traduce en una señal sonora, luminosa, o de ambos tipos.

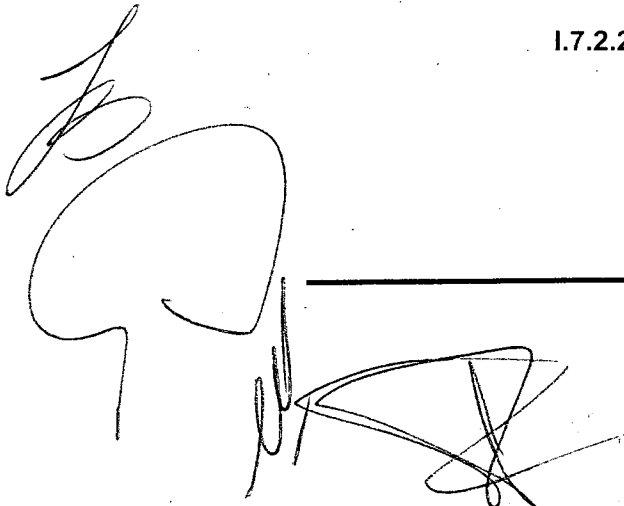
I.7.2.1. Instrumental

Equipo compuesto por una fuente generadora de alta tensión con un electrodo tipo pértiga, y por un palpador desplazable sobre la superficie a ensayar.

La calibración de este instrumento debe efectuarse de acuerdo con las indicaciones de su fabricante.

I.7.2.2. Tensión de prueba

La tensión de ensayo debe ser de 7000 V por cada milímetro de espesor del revestimiento, más el adicional recomendado para la capa de refuerzo externo.



I.7.3. Procedimiento

Se arrastra el palpador con la pértiga-electrodo de modo que entre en contacto con toda la superficie en inspección, deslizándolo a una velocidad máxima de 18 m/min.

La aparición de una señal sonora o luminosa evidencia la presencia de un poro o falla.

I.8. Reparación

Los defectos de los revestimientos se reparan de acuerdo con lo establecido en I.6.

I.9. Marcado, Rotulado y Embalaje

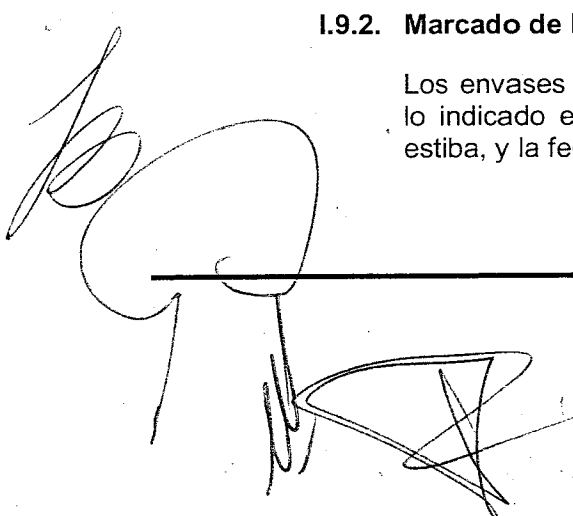
I.9.1. Marcado de las cintas de cera de petróleo

Cada rollo de cinta debe llevar un rótulo en forma legible e inalterable, con la identificación mínima siguiente, además de lo que indiquen las disposiciones legales en vigencia:

- a) La marca registrada o el nombre del fabricante; para el caso de productos importados se indican los datos del importador.
- b) Industria de origen.
- c) La identificación del tipo de producto y su designación.
- d) La identificación del lote de producción, el número de control u otra marcación suficiente para asegurar la trazabilidad del producto.
- e) Logotipo de identificación de modelo aprobado, según lo indicado en el anexo IV de la Resolución ENARGAS N° 138/95 o la que en el futuro la reemplace.
- f) Número de matrícula de certificación.

I.9.2. Marcado de la cera de petróleo

Los envases de la cera de petróleo deben llevar, además de lo indicado en I.10.1, las condiciones de almacenamiento y estiba, y la fecha de vencimiento si correspondiera.



ENARGAS

GRUPO J

J Revestimiento anticorrosivo a base de poliolefinas fundidas aplicadas por proyección ("Flame Spray")

J.1 Generalidades

Revestimientos a base de poliolefinas fundidas aplicadas por proyección

El sistema denominado revestimiento de poliolefinas fundidas aplicadas por proyección consiste en:

- a) Una película de resina epoxi en polvo de 200 μm mínimo, aplicado por medios electrostáticos.
- b) Una película de poliolefinas modificada de 2 mm como mínimo, adherida a la película de resina epoxi y aplicada como polvo fundido proyectado contra la película de resina epoxi recién aplicada.

La película de poliolefina puede ser tanto de polietileno como polipropileno modificados.

J.1.1 Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

El Aplicador debe recibir del fabricante de la resina en polvo una ficha técnica con los siguientes datos:

- a) Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- b) Fecha de fabricación y número de partida.
- c) Nombre y tipo de resina epoxi en polvo.
- d) Tamaño de partículas y su distribución.
- e) Densidad.
- f) Condiciones de estabilidad durante el almacenamiento.
- g) Rango de temperaturas de aplicación.
- h) Rango y límites de temperaturas de operación del material revestido.
- i) Contenido de humedad.
- j) Espectrograma infrarrojo.
- k) Curva de temperaturas de gelificación.



l) Análisis térmico por calorímetro de barrido diferencial.

J.1.2 Propiedades físicas de la poliolefinas modificada

El Aplicador debe recibir del fabricante de las poliolefinas modificadas una ficha técnica con los siguientes datos:

- a) Fecha de fabricación y número de partida.
- b) Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- c) Nombre y tipo de poliolefinas modificada.
- d) Tamaño de partículas y su distribución.
- e) Densidad.
- f) Condiciones de estabilidad durante el almacenamiento.
- g) Rango de Temperaturas de aplicación.
- h) Rango y límites de temperaturas de operación del material revestido.

J.1.3 Propiedades físicas del sistema aplicado

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Despegue catódico (28 días, 20 °C)	mm	-	15	CAN/CSA-Z 245
Despegue catódico (28 días, 65 °C)	mm	-	25	CAN/CSA-Z 245
Despegue catódico (48 h, 65 °C)	mm	-	8	CAN/CSA-Z 245
Resistencia a la penetración (23°C)	mm	-	0.30	DIN 30670
Adherencia (23°C)	N/mm	15	-	CAN/CSA-Z 245
Elongación (Tipo IV; 50 mm/min)	%	400	-	ASTM D 638
Tensión de rotura (Tipo IV; 50 mm/min)	MPa	11	-	ASTM D 638
Resistencia al impacto (23°C)	J/mm	6	-	CAN/CSA-Z245

J.2. Guía de aplicación

J.2.1 Las poliolefinas fundidas aplicadas por proyección descritas en este grupo se emplean principalmente como revestimiento anticorrosivo de cañerías, accesorios, uniones soldadas, piezas especiales y reparaciones en tuberías revestidas.

La aplicación se efectúa en obrador o en campo en forma manual o con equipos automatizados.

J.2.2 Preparación de la superficie

Previamente a la limpieza abrasiva de la superficie a revestir, se deberá verificar que ésta se encuentre libre de contaminantes y humedad. Toda traza de aceites, grasas, polvo o material extraño debe eliminarse con métodos que no dañen la superficie a ser revestida ni afecten negativamente las propiedades del revestimiento una vez aplicado.

La superficie descontaminada se debe calentar con flama de gas a fin de eliminar todo vestigio de humedad. Se debe alcanzar una temperatura superior en 3 ° a la temperatura de punto de rocío pero no mayor a 150 °C. Ésta debe mantenerse dentro de estos límites hasta que la superficie sea granallada.

Luego de la preparación previa, la superficie debe granallarse o arenarse hasta alcanzar o superar el grado Sa 2½ de la norma ISO 8501-1. La superficie debe presentar una rugosidad comprendida entre 40 µm y 100 µm cuando se mide con cinta replicante. Inmediatamente antes de la aplicación del revestimiento se verifica el grado de contaminación superficial con polvo de acuerdo con la norma ISO 8501-2, considerándose aceptable una clase 2 o mejor.

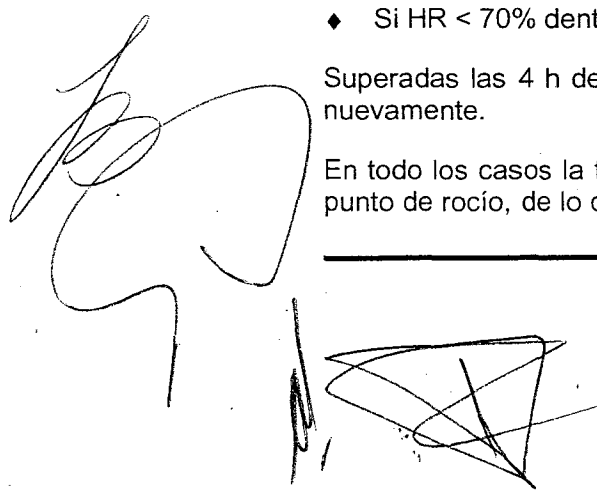
J.2.3 Condiciones ambientales

No se puede aplicar el revestimiento en caso de que la humedad relativa ambiente (HR) supere al 85%. En caso de interrupción del proceso, la superficie ya granallada puede ser revestida siguiendo las siguientes pautas:

- ◆ Si HR >80%, dentro de las 2 h
- ◆ Si 70% <HR < 80% dentro de las 3 h
- ◆ Si HR < 70% dentro de las 4 h

Superadas las 4 h de interrupción, la superficie a ser revestida debe granallarse nuevamente.

En todo los casos la temperatura de la superficie debe estar 3 °C por encima del punto de rocío, de lo contrario las tareas deben interrumpirse.





J.2.4 Calentamiento de la superficie

El calentamiento del sustrato metálico previo a la aplicación de los materiales se puede efectuar por:

- a) Inducción con equipos fijos o de campo.
- b) Con hornos o quemadores de gas natural o licuado.

De las dos alternativas técnicas, se da preferencia a la primera.

J.3 Guía de inspección

La inspección debe tener a su cargo la supervisión de las pruebas y ensayos que efectúe el Aplicador con el fin de controlar las condiciones ambientales, la limpieza de la superficie de acero, la aplicación del revestimiento y sus características una vez aplicado. Dichos controles se realizan de acuerdo con los métodos de ensayo enunciados en esta norma.

J.3.1 Controles sistemáticos

Los controles sistemáticos, es decir, los que se deben efectuar permanentemente y con una frecuencia preestablecida, son los siguientes:

- ◆ Control visual del aspecto (100% del material a ser revestido)
- ◆ Detección eléctrica de fallas (100% del material a ser revestido)
- ◆ Control de la distancia del revestimiento al extremo del tubo (100% del material cuando sea requerido)
- ◆ Control de las condiciones ambientales (cada 3 h como mínimo).
- ◆ Control de la limpieza de la superficie y perfil de granallado (cada 2 h como mínimo).

Se deben efectuar sobre el 10% de la producción como mínimo, los siguientes ensayos:

- ◆ Medición de espesores.
- ◆ Control de adherencia.
- ◆ Resistencia al impacto.
- ◆ Ensayo de penetración.
- ◆ Ensayo de curado de la imprimación epoxi con MEK (Metil Etil Cetona)

J.3.2 Controles no sistemáticos

Todos los ensayos que figuran en esta norma, y que sean aplicables a los revestimiento de poliolefinas fundidas aplicadas por proyección, se pueden efectuar al iniciar las tareas para una obra en particular a pedido del Inspector de la Licenciataria y se deben repetir como mínimo una vez por año o cuando existan dudas respecto de los materiales empleados o del funcionamiento de la planta.

J.3.3 Aceptación y rechazo

Se deben rechazar todos los caños, uniones o accesorios revestidos que tengan las siguientes características:

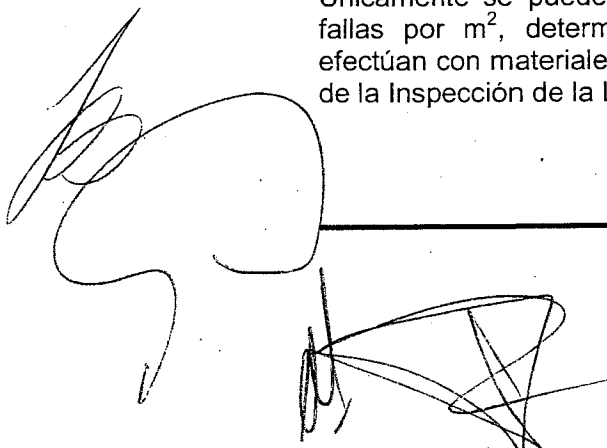
- a) Presenten irregularidades que discontinúen la superficie del revestimiento la cual debe ser homogénea y uniforme.
- b) Presenten fallas al ser chequeados con el detector eléctrico.
- c) Tengan una distancia entre el extremo y el revestimiento (para la soldadura) superior al especificado.
- d) No cumplan con el espesor mínimo especificado.
- e) No cumplan con el ensayo de adherencia especificado.
- f) No cumplan con el valor de resistencia al impacto especificado.
- g) No satisfagan el ensayo de penetración.
- h) No verifiquen el curado de la imprimación epoxi.

En el caso de que alguna de estas deficiencias se produzca en más de tres caños, uniones o accesorios sucesivos durante la producción, ésta debe detenerse por el Inspector de la Licenciataria, hasta que el Aplicador las corrija.

La producción también debe detenerse en caso de no verificarse uno o más de los ensayos de control no sistemático y se debe reiniciar únicamente cuando el Aplicador determine y corrija el origen de esa deficiencia.

J.3.4 Reparación

Únicamente se puede reparar el material revestido que tenga no más de tres fallas por m², determinadas en la detección eléctrica. Las reparaciones se efectúan con materiales compatibles con el revestimiento base, previa aprobación de la Inspección de la Licenciataria.



GRUPO K

K Aislación térmica en base a poliuretano inyectado

K.1 Generalidades

El sistema denominado aislación térmica de poliuretano inyectado para cañerías de acero consiste en una masa de poliuretano inyectada en el espacio anular formado entre una cañería de acero revestida con un revestimiento anticorrosivo y un tubo de polietileno de alta densidad.

Este sistema se utiliza para mantener la temperatura del fluido durante su transporte. Para el cálculo de la pérdida de calor se debe tener en cuenta cuál es la mínima temperatura que es aceptable en su punto final.

El espesor mínimo de la aislación térmica de poliuretano expandido rígido queda determinado por las siguientes variables:

- ◆ Temperatura de inyección.
- ◆ Longitud de la cañería.
- ◆ Temperatura del terreno, si la cañería es enterrada.
- ◆ Temperaturas mínimas del ambiente, si la cañería es sub-aérea.
- ◆ Características termodinámicas del fluido.
- ◆ Espesor de la cañería de acero.
- ◆ Tipo de revestimiento anticorrosivo.

En el caso de ser necesario es posible complementar el revestimiento con un sistema de calefacción para mantener la temperatura mínima en caso de paradas técnicas prolongadas.

El sistema está conformado por:

a) Un revestimiento anticorrosivo que puede ser:

- ◆ una resina epoxi en polvo de 350 μm mínimo, aplicado por medios electrostáticos sobre la superficie de la cañería de acuerdo con lo descrito para el Subgrupo E.1 "Revestimientos a base de resinas epoxi en polvo",
- ◆ revestimiento anticorrosivo de poliolefinas extruidas sobre la superficie de la cañería de acero de acuerdo con lo descrito para el Grupo G "Revestimiento de poliolefinas extruidas".

ENARGAS

- b) Una capa de poliuretano de densidad entre 60 kg/m^3 y 80 kg/m^3 y 50 mm de espesor como mínimo, adherida al revestimiento anticorrosivo y aplicada por inyección de sus componentes primarios (poliol e isocianato). La densidad y espesor de la capa de poliuretano pueden variar en función a los requerimientos de aislación térmica de cada proyecto en particular. (Para caños que sean curvados en la línea, la densidad mínima debe ser de 120 kg/m^3).
- c) Una vaina o camisa de polietileno de alta densidad de 4 mm de espesor (mínimo) que protege mecánicamente y aísla a la capa de poliuretano y debe cumplir los requerimientos de la EN 253.

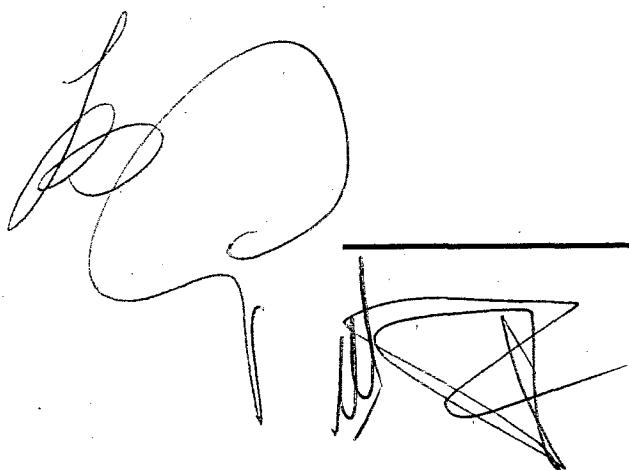
K.1.1 Propiedades físicas de la resina epoxi en polvo

De acuerdo con lo requerido para el Subgrupo E.1 (Revestimientos a base de resinas epoxi en polvo)

K.1.2 Propiedades físicas de los componentes del poliuretano

El Aplicador debe recibir del fabricante del poliol y el isocianato una ficha técnica con los siguientes datos:

- a) Nombre del fabricante y lugar de origen del material.
- b) Fecha de fabricación y número de partida.
- c) Apariencia
- d) Viscosidad
- e) Densidad
- f) Temperatura y estabilidad de almacenamiento



K.1.3 Propiedades físicas del poliuretano aplicado (Tabla I)

Propiedad	Unidad	Min.	Máy.	Método de ensayo
Densidad libre	kg/m ³	30	-	ISO 845
Tiempo de crema	s	38	-	Según fabricante
Tiempo de Gel	s	140	-	Según fabricante
Densidad de núcleo	kg/m ³	60	-	ISO 845
Absorción de agua	%	-	10	EN-253
Conductividad térmica	W/m ² K	-	0,030	ASTM C 177
Resistencia a la compresión (al 10% de deformación)	kg/cm ²	2	-	ISO 844
Uniformidad de celdas (Tamaño de las celdas)	mm	-	0.5	EN 253
Contenido de celdas cerradas en el producto aplicado	%	90	-	ASTM D 2586

K.1.4 Propiedades físicas de las camisas de polietileno de alta densidad

Las camisas de polietileno de alta densidad deben estar fabricadas de acuerdo con la norma EN 253 y cumplir con los requerimientos de la norma IRAM 13485 para los compuestos de polietileno clasificados como PE 80 o PE 100, según sea cada caso.

El polietileno destinado a la fabricación de las camisas debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla II.

Tabla II - Requisitos para polietileno destinado a la fabricación de las camisas				
Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Densidad	g/cm ³	0,940	-	ASTM D 792
MFR 190/5,0	g/10 min	-	1.3	ASTM D 1238
Tensión en el punto de ruptura (en placa)	MPa	20	-	ASTM D 638
Tensión en la Ruptura (en placa)	%	350	-	ASTM D 638
Dureza Shore D	-	60	-	ASTM D 2240
Resistencia al Impacto IZOD a 23°C	J/m	200	-	ASTM D 256
Vicat Softening Point at 9,8 N	°C	115	-	ASTM D 1525

Las camisas de polietileno deben cumplir, como mínimo, los requisitos establecidos en la Tabla III y con las dimensiones indicadas en la Tabla IV:

Tabla III - Requisitos mínimos para las camisas de polietileno				
Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Método de ensayo
Reversión longitudinal de la camisa de PE a 110 ± 2 °C	%	-	3	ISO 2506
Índice de fluidez del polietileno tomado de un tubo (190°C/5kg)	% del valor obtenido en el PE virgen	-25	+25	ISO 1133
Estabilidad Térmica (Tiempo de inducción a la oxidación) a 200°C de una muestra tomada de un tubo.	min	20	-	ISO TR 10837
Densidad del PE	Kg/m ³	940	960	ASTM D 792
Resistencia a la Tracción en el punto de ruptura	MPa	20	-	ASTM D 638
Elongación a la ruptura	%	350	-	ASTM D 638



Tabla IV - Dimensión de la camisa de polietileno (según EN 253)

Diámetro nominal externo (mm)	Espesor mínimo de pared (mm)
125	2,5
140	3,0
160	3,0
180	3,0
200	3,2
225	3,5
250	3,9
280	4,4
315	4,9
355	5,6
400	6,3
450	7,0
500	7,8
560	8,8
630	9,8
710	11,1
800	12,5
900	12,9
1 000	13,3
1 100	13,8
1 200	14,6
1 400	15,0

K.2 Guía de aplicación

Al revestimiento anticorrosivo de resina epoxi se le debe realizar una detección eléctrica de fallas para verificar su integridad. Toda falla eléctrica detectada, debe repararse.

Luego de verificar la integridad del revestimiento anticorrosivo, se envaina el caño de acero dentro de la camisa de polietileno de alta densidad. El diámetro de la camisa de polietileno debe ser función del espesor de poliuretano a alcanzar. Se debe garantizar la concentricidad entre el caño de acero y la camisa de polietileno. Para éste fin, la utilización de separadores o espaciadores de materiales plásticos distribuidos a lo largo del caño de acero, se acepta. Otros método que no afecten negativamente el funcionamiento del sistema, pueden ser puestos a consideración del usuario para su estudio y adopción.

A fin de garantizar la adherencia entre la superficie interna de la camisa y el poliuretano inyectado, se debe realizar la activación energética de la superficie interna de la camisa. El método conocido como "efecto corona" se acepta aunque otros método que no afecten negativamente el funcionamiento del sistema, pueden ser puestos a consideración de la Licenciataria para su adopción.

Una vez avalada la concetricidad entre el caño de acero y la camisa, se sellan temporalmente los extremos de la camisa a fin de evitar las fugas durante la inyección de poliuretano.

La inyección del poliol y el poliuretano en el espacio anular se realiza con máquina inyectora y de acuerdo con las recomendaciones del proveedor del poliuretano y de la experiencia del Aplicador. La inyección se debe realizar de manera que se alcancen los valores de densidad requeridos y se garantice la ausencia de vacíos.

Una vez finalizada la inyección, se cortan los sobrantes de camisa y poliuretano necesarios como para alcanzar la distancia mínima requerida desde los extremos, con miras a la ejecución de la unión soldada.

El poliuretano expuesto en los extremos debe ser sellado de manera de evitar el ingreso de agua. Para tal fin, se consideran aceptables métodos tales como la aplicación de membranas termocontraíbles, pinturas selladoras o la inyección de poliuretanos más densos.

K.3 Guía de inspección

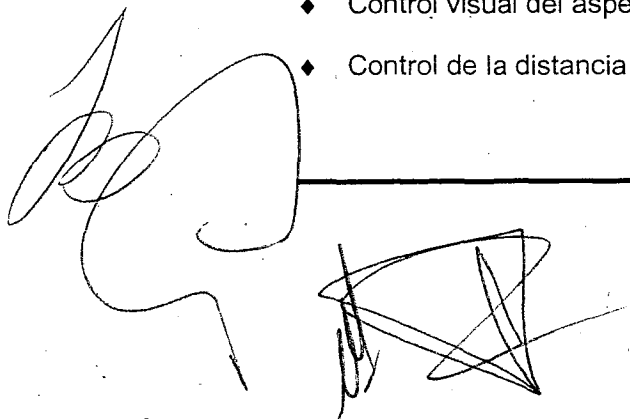
La inspección debe tener a su cargo la supervisión de las pruebas y ensayos que efectúe el Aplicador con el fin de controlar las condiciones ambientales, la limpieza de la superficie de acero, la aplicación del revestimiento y sus características una vez aplicado. Dichos controles se realizan de acuerdo con los métodos de ensayo enunciados en esta norma.

K.3.1 Controles sistemáticos

Los controles sistemáticos, es decir, los que se deben efectuar permanentemente y con una frecuencia preestablecida, son los siguientes:

K.3.1.1 Controles al 100% del material revestido:

- ◆ Inspección visual de la superficie previa al ensamble para asegurar la ausencia de defectos.
- ◆ Detección eléctrica de fallas.
- ◆ Inspección de la concetricidad entre el caño de acero y el caño camisa.
- ◆ Control visual del aspecto.
- ◆ Control de la distancia del revestimiento al extremo del caño.



**K.3.1.2 Controles a realizar una vez por turno de producción:**

- ◆ Densidad libre del poliuretano.
- ◆ Contenido de celdas abiertas.
- ◆ Densidad del poliuretano aplicado.
- ◆ Absorción de agua del poliuretano aplicado.

K.3.1.3 Controles a realizar una vez por trabajo u orden de producción:

- ◆ Conductividad térmica del poliuretano aplicado.
- ◆ Resistencia a la compresión al 10% de deformación.

K.3.1.4 Controles a realizar una vez por año:

- ◆ Resistencia al corte entre el epoxy y el poliuretano.
- ◆ Fluencia lenta o creep.
- ◆ Resistencia al corte tangencial entre el epoxy y el poliuretano

K.3.2 Controles no sistemáticos

Todos los ensayos que figuran en esta norma, y que sean aplicables a las aislaciones térmicas de poliuretano inyectado para cañerías de acero se pueden efectuar al iniciar las tareas para una obra en particular a pedido del Inspector de la Licenciataria y se deben repetir como mínimo una vez por año o cuando existan dudas respecto de los materiales empleados o del funcionamiento de la planta.

K.3.3 Aceptación y rechazo

Se deben rechazar todos los caños, uniones o accesorios revestidos que tengan las siguientes características:

- a) No cumplan los requerimientos para densidad libre del poliuretano.
- b) No cumplan los requerimientos para el contenido de celdas cerradas.
- c) No cumplan los requerimientos de densidad del poliuretano aplicado.
- d) No cumplan los requerimientos de absorción de agua del poliuretano aplicado.
- e) No cumplan los requerimientos de conductividad térmica del poliuretano aplicado.

ENARGAS



- f) No cumplan los requerimientos resistencia a la compresión al 10% de deformación.

En el caso de que alguna de estas deficiencias se produzca en más de tres caños sucesivos durante la producción, ésta se debe detener por el OC, hasta que el Aplicador las corrija.

La producción también debe detenerse en caso de no verificarse uno o más de los ensayos de control no sistemático y se reiniciará únicamente cuando el Aplicador determine y corrija el origen de esa deficiencia.

A collection of handwritten signatures and scribbles in black ink, located at the bottom left of the page. There are several distinct signatures, some appearing to be initials or full names, and some are large, overlapping scribbles.

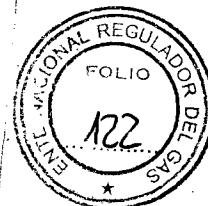


ANEXO A

Manta protectora del revestimiento de cañerías enterradas

En la modificación de esta norma se ha suprimido este anexo.

A large, stylized handwritten signature on the left side of the page. Below it, there are several scribbles and smaller, less legible handwritten marks.



ANEXO B

Ensayo de despegue catódico

B.1. Alcance

Este método consiste en un procedimiento acelerado para determinar, en forma comparativa, las características de aislación de sistemas de revestimientos aplicados a superficies exteriores de acero de estructuras enterradas o sumergidas, con el propósito de mitigar la corrosión. Dichas estructuras pueden estar o no sujetas a protección catódica.

B.2. Sumario del método

El método consiste en someter la cobertura de los especímenes a tensiones eléctricas en presencia de un electrolito altamente conductor calefaccionado al valor de la máxima temperatura de operación continua ($T_{m\acute{a}x}$).

La tensión eléctrica es producida por una fuente de tensión constante.

La cobertura se perfora intencionalmente antes de comenzado el ensayo. Los resultados se determinan por examen físico al término del período de prueba.

B.3. Significado

Las roturas o fallas en el revestimiento de una cañería o accesorio, que se producen inevitablemente durante el transporte o instalación, pueden exponer a la superficie ferrosa a un posible proceso corrosivo, dado que, el medio que circunda a la estructura, enterrada o sumergida, constituye un electrolito.

Las reacciones químicas que se desarrollan sobre la superficie de acero expuesta, asociadas a los procesos corrosivos o a la corriente de protección catódica provocan el desprendimiento de la cobertura en los bordes de las fallas incrementando así el tamaño de ésta.

Aunque el despegue del revestimiento no derive en daños por corrosión, este ensayo provee condiciones aceleradas para causar dicho despegue, dando a su vez una medición de la resistencia de los materiales de cobertura a esta tipo de acción.

Los efectos del ensayo son evaluados por examen físico y registrando la corriente absorbida por el espécimen de prueba.

En el ensayo se consideran las siguientes suposiciones:

- ◆ Que toda el área carente de adherencia fue generada por la tensión eléctrica aplicada y no atribuible a anomalías en la aplicación del revestimiento.

- ◆ Que la cantidad de corriente eléctrica circulante por el sistema de prueba es una indicación relativa de la extensión de las áreas con revestimiento dañado que requieren protección catódica.

B.4. Aparatos

B.4.1. Recipientes de ensayo (Cuba)

Se emplea un recipiente de vidrio o de material plástico no conductor. Sus dimensiones deben permitir los siguientes requerimientos:

- ◆ Los especímenes de prueba deben mantenerse suspendidos en forma vertical o como mínimo a 30 mm de distancia del fondo de la cuba.
- ◆ La separación entre especímenes no debe ser inferior a 40 mm y se emplaza verticalmente un dispersor de acero, platino, titanio o titanio platinado. Su ubicación debe ser equidistante de cada espécimen y a una distancia no inferior a la antedicha.
- ◆ Los especímenes están separados de las paredes del recipiente en 40 mm.

B.4.2. Fuente de tensión

Debe ser una fuente que permita obtener una tensión de salida no menor de 10 V para una intensidad de carga no mayor de 1 A.

La tensión de trabajo es aquella que permita obtener un potencial del espécimen de prueba de 1,5 V medido con respecto al electrodo de referencia, salvo en los ensayos acelerados de 24 h de duración, en los que dicho valor debe ser de 3,5 V.

B.4.3. Herramientas para ocasionar las fallas

Las fallas se provocan con mechas convencionales del diámetro requerido. Para especímenes de caños de diámetro reducido, tal como 19 mm nominal, se utiliza una mecha modificada esmerilando su filo cónico, para evitar perforar el caño. Para proceder al examen físico de la falla se recomienda el uso de un cuchillo de punta afilada con mango de seguridad. Se utiliza un instrumento magnético calibrado para medir el espesor del revestimiento en los bordes de las fallas.

B.4.4. Voltímetro electrónico

Para la medición del potencial del espécimen respecto del electrodo de referencia, se emplea un voltímetro electrónico para corriente continua de resistencia interna no menor de 10 Mohms y un rango de 0,01 a 5 V.

B.4.5. Electrodo de referencia

El electrodo de referencia debe ser de Cobre-Sulfato de Cobre (Cu/CuSO₄) saturado, de tubo convencional de plástico o vidrio, con tapón poroso preferentemente no mayor de 19 mm de diámetro. El potencial será de -0,316 V medido con respecto al electrodo estándar de hidrógeno.

B.4.6. Termómetro

Se deben emplear termómetros aptos para inmersión, con graduación de 0,1 °C, y con un rango adecuado a la temperatura de ensayo.

Preferentemente se deben utilizar dos, uno midiendo a 3 cm del fondo del recipiente de ensayo y el otro a 3 cm por debajo de la superficie de la solución.

B.4.7. Sistema de calefacción

Consistente en un calefactor eléctrico automático apto para inmersión y regulable para mantener la temperatura dentro de un rango de 1 °C de la temperatura T_{máx} establecida para el ensayo.

B.4.8. Sistema de agitación

Sistema que permita mantener una temperatura uniforme el electrolito. La variación de temperatura dentro de la celda no debe exceder 3 °C entre la parte superior e inferior del recipiente de ensayo.

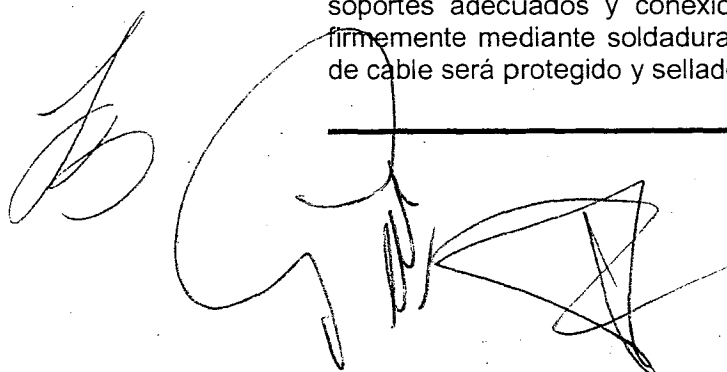
B.5. Espécimen de ensayo

El espécimen de ensayo (probeta) debe estar recubierto con un revestimiento aislante conforme con el sistema de revestimiento a ensayar. Para ensayos de calificación o prototipo, se deben ensayar un mínimo de tres probetas.

Uno de los extremos de cada espécimen de ensayo debe sellarse.

Se le debe practicar una falla en la mitad de la longitud sumergida bordeando el revestimiento con una mecha de manera tal que la punta cónica penetre en el acero hasta donde comience la parte cilíndrica de la herramienta. El diámetro de la mecha no debe ser inferior a tres veces el espesor de la cobertura, pero a su vez, nunca debe ser menor de 6,3 mm. En el caso de revestimientos de los grupos B y C, la perforación no debe realizarse sobre la zona del solape del revestimiento.

El extremo del caño que permanece fuera de la parte sumergida será provisto de soportes adecuados y conexión de conductor para los fines eléctricos, fijado firmemente mediante soldadura. Dicho extremo, incluyendo soportes y conexión de cable será protegido y sellado con material aislante.



El área de ensayo del espécimen consiste en la superficie comprendida entre el borde del sello del extremo inferior y la línea de inmersión. Deben utilizarse especímenes de diámetro ≥ 76 mm y longitud mínima de 400 mm. El área sumergida no debe ser menor de 23.200 mm². De ser posible, el área aconsejable debe ser de 92.900 mm².

B.6. Reactivos y materiales

El electrolito consistirá en una solución al 1% de cada una de las siguientes sales anhidras: Carbonato de Sodio, Cloruro de Sodio y Sulfato de Sodio.

Los materiales para sellar los extremos de los especímenes de caño revestidos pueden ser productos bituminosos, parafinas, masillas butílicas o epoxídicas.

La tapa de la cuba de ensayo que ha de soportar a los especímenes de ensayo puede ser de cualquier material no conductor que no modifique esa condición por absorción de agua durante el ensayo.

B.7. Procedimientos

Se sumergen los especímenes de prueba ubicando la falla en posición opuesta al dispersor.

Se marca el correcto nivel de inmersión para mantenerlo diariamente por agregado de agua corriente en cantidad suficiente.

Se acondiciona el ambiente y el electrolito para que el ensayo a temperatura ambiente se conduzca a temperaturas comprendidas entre 20 °C y 30 °C, y para el ensayo a temperatura $T_{\text{máx}}$ se conduzca a $T_{\text{máx}} \pm 3$ °C.

Para verificar el funcionamiento del sistema se mide diariamente el potencial de cada espécimen de ensayo con respecto al electrodo de referencia. Este se coloca inmerso en el electrolito, a una distancia no mayor de 40 mm del espécimen medido y por un período lo más breve posible para evitar la contaminación de la solución de CuSO₄ (típicamente no más de 20 s). Además, se mide diariamente la temperatura de la solución y la corriente aplicada a cada espécimen.

La duración del período de prueba debe ser de 30 días.

Luego de finalizado el período de prueba, debe procederse al examen físico de la siguiente manera:

- ◆ Antes del examen, lavar cuidadosamente el espécimen con abundante agua corriente sin alterar los efectos destructivos visibles.

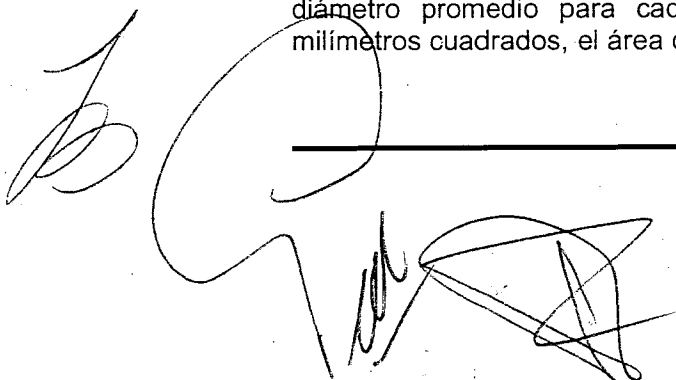
- ◆ Examinar la totalidad de la superficie sumergida por cualquier evidencia de nuevas fallas y desprendimientos de cobertura en sus bordes, incluyendo la falla artificial.
- ◆ Practicar cuatro cortes en cruz, de 80 mm de longitud, con centro en el defecto provocado, separados aproximadamente 45° entre si, verificando que se haya logrado en toda la longitud el corte completo del revestimiento ensayado. Determinar si la cobertura se ha desprendido intentando despegarla con la punta afilada de un cuchillo luego de practicar cortes interseccionales en la falla o punto de inspección. Se califica la cobertura de acuerdo con la factibilidad de despegue de distintas áreas con respecto a las firmemente adheridas.

B.8. Informe final

El informe final debe contener:

- ◆ Denominación (marca/modelo) del revestimiento ensayado.
- ◆ Grupo al que pertenece según NAG-108 y sistema aplicado.
- ◆ Cantidad de especímenes ensayados.
- ◆ Dimensiones de los especímenes ensayados.
- ◆ Superficie sumergida de cada espécimen.
- ◆ Espesor total del revestimiento aplicado en cada espécimen.
- ◆ Registro en una tabla de las mediciones diarias de temperatura del electrolito, de potencial y corriente aplicada a cada espécimen.
- ◆ Resultado de la inspección visual al finalizar el ensayo.
- ◆ Medición de la longitud despegada a lo largo de cada uno de los cuatro diámetros de los cortes interseccionales.
- ◆ Registro fotográfico de cada probeta, antes del inicio del ensayo, luego de ser lavadas al final del ensayo y finalmente luego de realizada la verificación del área despegada.

El resultado del ensayo se expresa en milímetros de revestimiento despegado en cada uno de los cuatro diámetros de cada espécimen. Luego de calcular el diámetro promedio para cada espécimen y con este valor se calcula, en milímetros cuadrados, el área de un círculo equivalente.





B.9. Criterio de aceptación

Para el ensayo de 30 días de duración, no se acepta un área de desprendimiento mayor de 1000 mm^2 de superficie del círculo equivalente o un diámetro promedio mayor a 36 mm.

La aparición de nuevas fallas, distintas de la provocada originalmente, es motivo suficiente para rechazar el material de revestimiento.

Para ensayos de calificación o prototipo, los tres especímenes deben arrojar resultado satisfactorio y de los cuatro diámetros medidos en cada espécimen se acepta que sólo uno exceda de los 36 mm.

ANEXO C

Detección de fallas de cobertura en cañerías revestidas

C.1. Objeto

El objeto de este ensayo es investigar la presencia de puntos débiles o defectuosos de la cobertura. Esos puntos pueden estar formados por rajaduras, agujeros o inclusiones de impurezas, conductoras o no, dentro del material de revestimiento de cañerías.

No debe interpretarse como la determinación de la rigidez dieléctrica del revestimiento.

C.2. Método

La detección de estas fallas se efectúa mediante el empleo de una fuente generadora de alta tensión pulsante entre el caño (masa) y un electrodo circular (collarín) que se desplaza longitudinalmente sobre el caño revestido mediante el empleo de una pértiga.

Al pasar el collarín por una falla se genera un arco voltaico y una señal sonora indicativa de ésta.

Los valores de la tensión a aplicar son función del espesor y tipo del revestimiento.

Se calibran mediante el empleo de un voltímetro para alta tensión, del tipo conocido como "de cresta", según lo indicado en el apartado C.5.

C.3. Procedimiento de detección

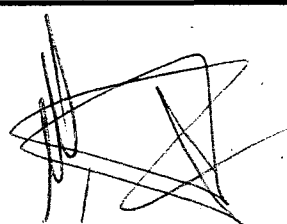
Se conecta el cable desnudo al caño y se hace correr el collarín mediante la pértiga. En el caso de detectarse en línea, se pone a tierra el caño y al desplazarse el collarín, el cable desnudo se arrastra por tierra cerrando de esa forma el circuito.

Es de suma importancia lograr en todo momento un contacto franco entre pértiga y collarín, de lo contrario se tienen detecciones erróneas.

C.4. Tensión de prueba

Los valores de tensión se adoptan de acuerdo con el revestimiento que se trate. Se distinguen tres casos:

- a) Para los revestimientos comprendidos dentro del Grupo E de esta norma la tensión a aplicar se debe determinar por la siguiente fórmula, conforme a la NACE RP 0490:





$$V = K \cdot \sqrt{e}$$

donde:

e = espesor del revestimiento en μm

K= 104 (constante)

V = tensión a aplicar en V

- b) Para los revestimientos comprendidos en el Grupo G de esta norma la tensión a aplicar será de 25.000 V (25 kV) para todos los subgrupos cuando la detección se efectúe en la Planta de Revestimiento. Para la detección en línea se debe tener en cuenta el tipo de material empleado en las uniones soldadas.
- c) Para el resto de los revestimientos comprendidos en esta norma, el valor de la tensión estará dado por la siguiente fórmula conforme a la NACE RP 0274:

$$V = 7900 \cdot \sqrt{e}$$

donde:

e = espesor del revestimiento en mm

V = tensión a aplicar en V

C.5. Calibración

La calibración de la tensión a aplicar se efectúa conforme a lo indicado en el apartado 4.6 Calibración de la norma NACE RP 0188, que indica: Antes de las detecciones iniciales el detector debe calibrarse a la tensión especificada a usar para la detección de fallas.

La calibración del detector debe ser calibrado a la tensión de corriente especificada a ser utilizada para la detección del revestimiento.

La prueba inicial y la de recalibración se realiza después de cada 3 000 m de revestimiento inspeccionado, o como mínimo, cada 8 h.

Debe usarse el siguiente procedimiento:

- 1) conectar un voltímetro para alta tensión entre la probeta y la puesta a tierra;
- 2) activar el detector;

ENARGAS



- 3) comparar la tensión del voltímetro con la tensión de salida del detector; ajustar a la tensión especificada (5%), usando el regulador variable o la llave de selección predeterminada según el tipo de detector;
- 4) desactivar el detector;
- 5) desconectar el voltímetro.

ANEXO D

Control de limpieza de superficies de acero

D.1. Objeto

Establecer las condiciones mínimas en que debe encontrarse la superficie de acero de cualquier estructura (cañería o accesorio), luego de la limpieza con abrasivos e inmediatamente antes de la aplicación del revestimiento protector.

D.2. Campo de aplicación

Las pautas establecidas en este Anexo deben observarse en la limpieza previa a la aplicación de cualquiera de los materiales descritos en esta norma.

D.3. Procedimiento

Luego de la verificación del grado de limpieza a "metal casi blanco", Sa 2½, empleando los patrones visuales de la norma ISO 8501-1, se debe constatar que la superficie así arenada o granallada no contenga residuos de polvo, arena, granalla, herrumbre o cualquier otro material extraño.

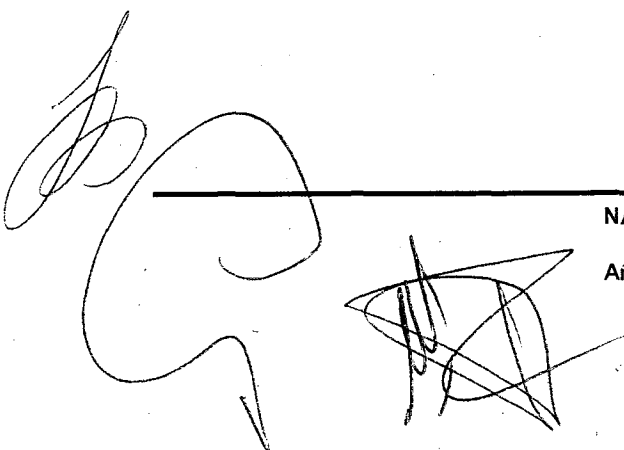
Para efectuar el control, se adhiere firmemente sobre la superficie de acero una cinta adhesiva transparente de 70 mm de longitud dejando 20 mm libres aproximadamente para facilitar su remoción.

Se retira la cinta y se compara con los patrones visuales, empleando un fondo negro o blanco.

D.4. Aceptación y rechazo

El grado de contaminación debe ser igual o superior al valor 7 de la escala de patrones visuales indicados en la norma ISO 8501-1.

En caso contrario el Aplicador debe suspender las tareas de revestimiento e implementar los medios necesarios para corregir la deficiencia.



ANEXO E

Certificado de aprobación de los revestimientos

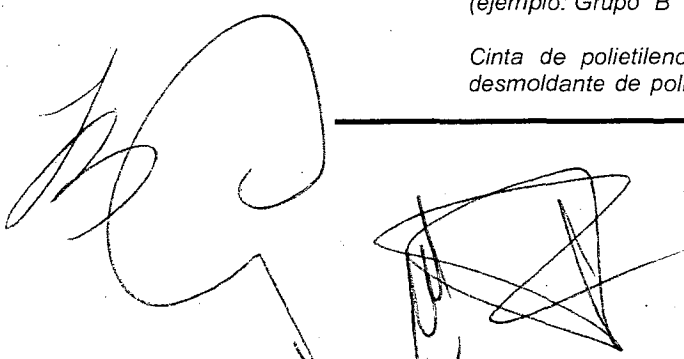
Los certificados de aprobación de revestimientos incluidos en esta norma, a través de OC, que cumplan con lo establecido en la Resolución ENARGAS N°138/95 o la que en el futuro la reemplace, deben tener como mínimo, el siguiente contenido:

- N° del certificado.
- Razón social del fabricante o del proveedor.
- N° de CUIT.
- Nombre del Representante Legal.
- Nombre del Representante Técnico, número de la matrícula profesional.
- Dirección comercial o de los depósitos, del fabricante o del proveedor.
- N° de teléfono.
- Página Web
- Dirección de la Planta industrial (de corresponder)
- Nombre del producto a certificar, con indicación de la marca y modelo.
- Indicación del Grupo de revestimiento de acuerdo con la NAG-108.
- Lugar de fabricación.
- Fecha de vigencia del certificado.
- Tipo de trámite.
- N° de matrícula de inscripción.
- Trámite anterior.
- **Características técnicas del producto:**

1. Descripción general del producto.

(ejemplo: Grupo "B")

Cinta de polietileno, con adhesivo bituminoso en base a caucho butílico y film desmoldante de polietileno. Aplicación en frío y en forma manual en simple o doble



cobertura, sobre superficie de acero previamente arenadas o granalladas e imprimadas. Anchos y sobrepuestos conforme a la norma NAG-108).

2. Características técnicas principales:

Temperatura máxima de operación continua	xx °C
Temperatura ambiente de aplicación	xx °C
Tensión de aplicación	máxima kg/cm mínima kg/cm

3. Precauciones y advertencias:

Ejemplo: Las declaradas por el fabricante, ejemplo: Grupo "B": Aplicar únicamente en doble cobertura. No instalar en cañerías expuestas a suelos agresivos (resistividad < 1000 Ω . cm). Este revestimiento no debe ser expuesto en terrenos con posibilidad de derrames de hidrocarburos o ácidos. No someter a sobre-potencial catódico más negativo que -1.100 mV vs. (CSE). La pintura imprimadora puede causar irritación—siga atentamente las recomendaciones indicadas en las hojas informativas sobre sustancias peligrosas (MSDS); etc.).

4. Propiedades físicas de la pintura imprimadora

Tipo de solvente	
Punto de inflamación	
Densidad a 23 °C	
Contenido de sólidos, % en peso	
Contenido de compuestos aromáticos, % en volumen	
Rendimiento, en l/m ²	

Nota: Para mayores datos técnicos y de hojas de seguridad, remitirse a la página WEB, Especificación Técnica N° xx).

5. Propiedades físicas del laminado plástico

Ejemplo.

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Resultado del ensayo para aprobación (1)	Protocolo de ensayo N° (2)	Método de ensayo
Espesor del film base	mm	0,1	0,33			ASTM D 1000
Espesor del adhesivo	mm	0,5	--			ASTM D 1000
Espesor total	mm	0,75	--			ASTM D 1000
Resistencia a la tracción	N/cm	30	--			ASTM D 1000 / D 882
Elongación a la rotura	%	150	--			ASTM D 1000 / D 882
Velocidad de transmisión de vapor de agua	g/m ² día	--	0,5			ASTM E 96
Absorción de agua	%	--	0,2			ASTM D 570
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	15	--			ASTM D 1000
Resistencia de aislación	GΩ	500	--			ASTM D 1000 / D 257
Índice de saponificación	mg.OHK/g	--	10			DIN 30672
Adherencia sobre acero imprimado	N/cm	22	--			DIN 30672
Adherencia sobre el film base	N/cm	12	--			DIN 30672
Resistencia a los hongos	satisfactorio					
Resistencia a las bacterias	satisfactorio					
Envejecimiento por calor	satisfactorio					
Envejecimiento por migración de plastificantes	satisfactorio					

(1) Por cada propiedad debe indicarse el resultado del ensayo realizado.

(2) Se debe incluir el número del protocolo de ensayo respectivo confeccionado conforme al método de ensayo establecido.

6. Propiedades físicas del sistema aplicado

Propiedad	Unidad	Min.	Máx.	Resultado del ensayo para aprobación (1)	Protocolo de ensayo N° (2)	Método de ensayo
Despegue Catódico	mm ²	--	1000			NAG-108, ANEXO B
Resistencia a la penetración (espesor residual)	mm	0,6	--			DIN 30672
Resistencia específica	Ωm ²	10 ⁶	--			DIN 30672
Resistencia al impacto:	N.m					DIN 30672
Ø _n ≤ 51 mm		3,5	--			
51 mm < Ø _n < 203 mm		4,25	--			
Ø _n > 203 mm		5,0	--			
Adherencia:	N.cm					DIN 30672
sobre acero imprimado		12	--			
sobre el film base		6	--			
Detección de fallas	satisfactorio					

(1) Por cada propiedad debe indicarse el resultado del ensayo realizado.

(2) Se debe incluir el número del protocolo de ensayo respectivo confeccionado conforme al método de ensayo establecido.

7. Propiedades especiales

XXXXXXXXXXXX Marca: XXXXXXXXXXXX Modelo: XXXXXXXX, posee las propiedades no comunes en materiales de su Grupo. A continuación se describen dichas propiedades y se informan bajo qué normas, reconocidas como válidas para evaluar dichas propiedades han sido ensayados:

Propiedad Método de ensayo Resultado obtenido Protocolo de ensayo

8. Tipo y cantidad de probeta/s ensayada/s

• Dimensiones: Caño (Φ"/mm- mínimo Φ3" - espesor (mm.); largo (mm.)

Cantidad: xxx

9. Tipo de esquema aprobado

- *Especificar: Simple cobertura; ancho de la solapa (mm) / doble cobertura (sobrepuesto 50%)*

➤ Anexos.

Ejemplo:

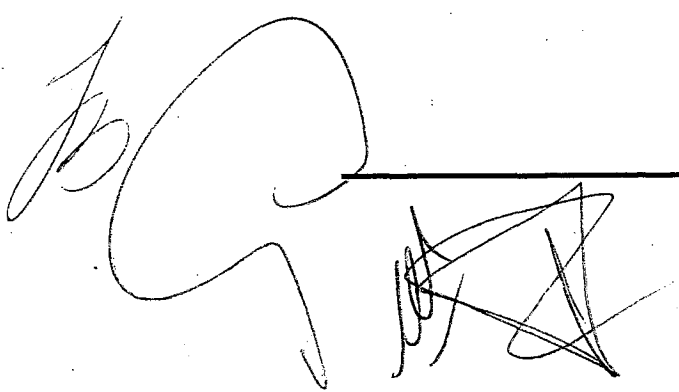
(Nombre del OC) posee en su poder la información entregada por el fabricante/proveedor que soporta lo enunciado en los puntos 1, 2, 3, 4 y 7, y los protocolos de ensayo citados en los puntos 5, 6 y 7, copia de los cuales se entrega a las Licenciatarias en caso de ser requerida.

La autorización del uso de este producto se rige por la colocación en cada unidad de expendio, de una estampilla autoadhesiva con el código alfanumérico con el logotipo de identificación del elemento aprobado, del OC, establecido en la Resolución ENARGAS N° 138/95 o la que en el futuro la reemplace. El incumplimiento de este requisito invalida el presente certificado

El presente certificado es válido para el producto aprobado conforme la denominación comercial citada

XXXXXXXXXXXX Marca: XXXXXXXXXXXX Modelo: XXXXXXX,

cualquier modificación invalida la vigencia de éste. En tal caso el fabricante o proveedor, debe realizar una nueva certificación.





**Observaciones propuestas a la NAG-108 Año 2009
REVESTIMIENTOS ANTICORROSIVOS DE CAÑERÍAS Y ACCESORIOS**

Empresa: _____ Rep. Técnico: _____

Dirección: _____ CP: _____ TE: _____

Página: _____ Punto: _____ Párrafo: _____

Donde dice: _____

Se propone: _____

Fundamento de la propuesta: _____

Firma: _____

Aclaración: _____ Hoja de _____

Cargo: _____

Instrucciones para completar el formulario de observaciones

1. Completar con letra de imprenta (manual o por algún sistema de impresión), con tinta indeleble.
2. En el espacio identificado "**Donde dice**", transcribir textualmente la versión en vigencia que se propone modificar, o sucintamente siempre que no quede posibilidad de duda o ambigüedad del texto a que se refiere.
3. En el espacio identificado "**Se propone**", indicar el texto exacto que se sugiere.
4. En el espacio identificado "**Motivo de la propuesta**", incluir qué posible problema, carencia, etc., resolvería o mejoraría la propuesta; completando la argumentación que se dé, o bien con la mención concreta de la bibliografía técnica en que se sustente, adjuntando sus copias, o bien detallando la experiencia propia en que se basa.
5. Las observaciones además de presentarlas en papel, también se anexará digitalizado en "Word" (CD).
6. No se considerarán aquellas observaciones que no cumplan con el formato solicitado.
7. Dirigir las observaciones a la Gerencia de Distribución del ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS (ENARGAS), Suipacha 636, (1008) Ciudad Autónoma de Buenos Aires.