

REPARACIÓN EN CAMPO DE REVESTIMIENTOS ANTICORROSIVOS EN CAÑERÍAS ENTERRADAS DE ACERO AL CARBONO

Subcomisión de Revestimientos, Comisión de Integridad de Oleoductos y Gasoductos, IAPG.

Ignacio Lafoz, TGN S.A., ignacio.lafoz@tgn.com.ar

Andrea Moneta, GIE Group, moneta@giegroup.net

Pablo Cianciosi, YPF S.A., pablo.cianciosi@ypf.com

Edgardo Coos, Camuzzi Gas, edgardo.coos@camuzzigas.com.ar

Eduardo Carzoglio, Consultor Independiente, eduardo.carzoglio@gmail.com

Sinopsis:

Esta guía pretende ser un documento de referencia acerca de las normas, procedimientos y mejores prácticas para reparación de revestimientos anticorrosivos externos en cañerías enterradas de acero al carbono, dentro de los ámbitos de producción, transporte y distribución del Gas y Petróleo.

Se pretende recopilar y difundir la experiencia en servicio de las distintas operadoras, transportadoras y distribuidoras que forman parte de la subcomisión de revestimientos.

Estructurado a partir de los sistemas de revestimiento abarcados por la norma NAG-108, se elaborará sobre características de aplicación en campo y performance, preparación superficial, control de condiciones ambientales, control de herramientas e insumos, aplicación y control de calidad.

1 Introducción/Alcance

Se ha optado por estructurar esta guía a partir de los esquemas de revestimiento aptos para reparaciones en campo contemplados por la norma de gas NAG-108, ya que esta es más restrictiva en sus contenidos respecto a su contraparte para hidrocarburos líquidos basada en la norma ASME B31.4.

No se pretende ser exhaustivo en los temas a abarcar. Para cada caso se recomienda siempre consultar y complementar con la normativa aplicable y seguir las recomendaciones del fabricante del producto a que se refiera.

2 Preparación superficial

2.1 Limpieza con solventes

Independientemente del tipo de preparación superficial requerida por el sistema de revestimiento (herramientas manuales, motorizadas o chorro abrasivo), es necesario realizar previamente una limpieza con solventes para remover grasas, aceites y otros contaminantes de la superficie metálica. El estándar SSPC-SP1 detalla los métodos de limpieza y verificación.

2.2 Limpieza con chorro abrasivo

Este método es el más adecuado para remover restos de óxidos, laminación o revestimiento antiguo y lograr un perfil de anclaje necesario para la aplicación del esquema de revestimiento. Es requerido para la aplicación de laminados plásticos, mantas termocontraíbles y recubrimientos epoxi.

Consiste en proyectar materiales abrasivos, como arena o granalla metálica, utilizando un chorro de aire a presión.



Figura 1: Proceso de limpieza por chorro abrasivo con arena.

Es posible lograr diferentes grados de limpieza de la superficie según la aplicación. Estos distintos grados se determinan comparando con patrones visuales que dependen del nivel de corrosión de la superficie a arenar. Por ejemplo, arenado grado comercial, metal casi blanco o blanco.

Estos patrones visuales están definidos en las normas ISO 8501-1, con grados equivalentes en las normas SSPC/NACE.



Figura 2: Distintos grados de limpieza superficial del acero dependiendo del tipo de óxido inicial.

Para la mayoría de los sistemas de revestimiento se requiere un grado de limpieza Sa 2 ½ ISO 8501-1 o “metal casi blanco” SSPC-SP10.

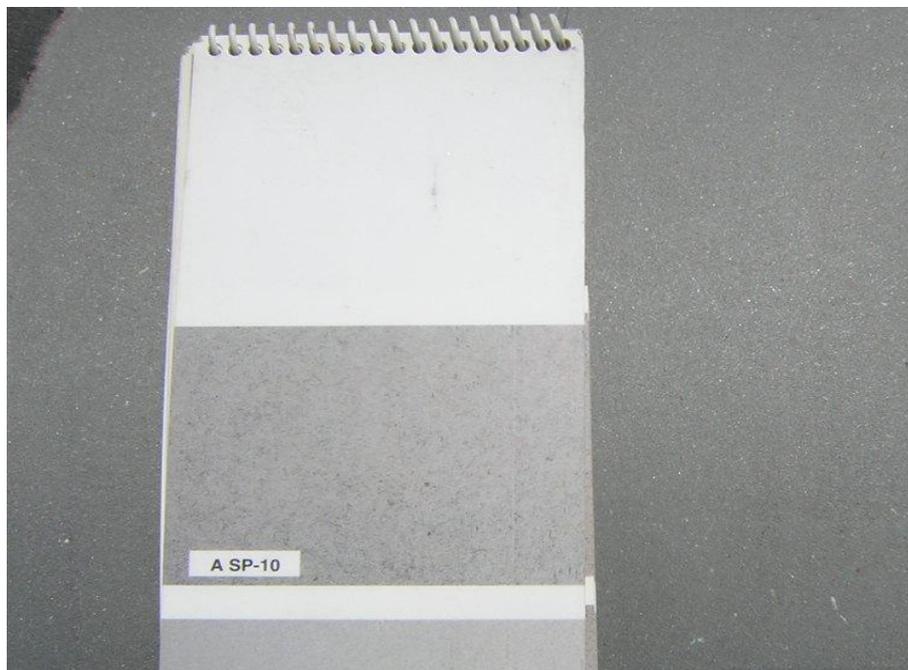


Figura 3: Comparador visual de limpieza de superficial, frente a un ducto recién arenado.

Según parámetros como el tipo de abrasivo, granulometría, presión de aire y técnica de aplicación es posible además lograr diferentes perfiles de anclaje requeridos según el esquema de revestimiento.

Es fundamental el control de la arena a utilizar antes del arenado para impedir la contaminación del sustrato con sustancias perjudiciales para la correcta aplicación y durabilidad del revestimiento.

El control de especies iónicas solubles en agua se realiza midiendo la conductividad del agua, antes y después de lavar una muestra de arena. El ensayo se realiza según los lineamientos de la norma *ASTM D4940*.



Figura 4: Control de especies iónicas solubles en agua en arena para limpieza abrasiva.

También, debe controlarse la calidad del aire comprimido. El mantenimiento inadecuado de los equipos compresores puede generar contaminación del aire con agua o aceite. Como control se utiliza un blanco o colector de un material absorbente montado sobre un soporte no absorbente; se descarga aire a una distancia de 60cm durante al menos un minuto.

Si se observan cambios de color en el blanco por aceite o humedad se rechaza el sistema de aire comprimido para uso en arenado, remoción de polvo o pintura airless asistida por aire. Los detalles de implementación están delimitados en la norma *ASTM D4285: Standard Practice for Indicating Oil or Water in Compressed Air*.

2.3 Medición de Perfil de Anclaje

El perfil de anclaje de la superficie preparada por arenado puede medirse en campo empleando alguno de los métodos descritos en la norma *ASTM D4417: Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel*.

Método A: Consiste en la comparación visual entre la superficie preparada y patrones comerciales para distintos perfiles de profundidad y medios de limpieza.

Método B: La profundidad relativa de los picos se mide utilizando un micrómetro de profundidad con sonda de punta fina. Se puede definir por profundidad máxima o media.

Método C: Se toma una réplica de la superficie usando una cinta con un material compresible sobre un soporte incompresible. La cinta copia el perfil de la superficie y luego se mide la distancia pico-valle utilizando un micrómetro de espesor.



Figura 5: Medición de perfil de anclaje por método de réplica superficial.

3 Esquemas de reparación de revestimiento

3.1 Laminados Plásticos (NAG-108 grupo B)

Este esquema consiste en cintas conformadas por una película polimérica (comúnmente polietileno o polipropileno) y un adhesivo. Estas se aplican sobre una superficie previamente imprimada. Su montaje en forma helicoidal puede ser manual o utilizando una herramienta manual o mecanizada, que permite ajustar el ángulo y la tensión de aplicación.

3.1.1 Preparación superficial

La superficie metálica expuesta deberá ser arenada hasta lograr un grado de limpieza de “metal casi blanco” Sa 2 ½.

Se recomienda eliminar ángulos vivos en de la superficie como por ejemplo salpicaduras de soldadura. En estas zonas se hace dificultosa la aplicación uniforme del primer y suelen generar puntos de baja adherencia que disminuyen la vida útil del sistema de revestimiento.

Para zonas de transición brusca entre diferentes espesores (por ejemplo, en una media caña tipo A), el encintado puede generar el denominado “tent effect”, donde una vuelta de cinta genera una zona de aire atrapado entre las dos piezas.

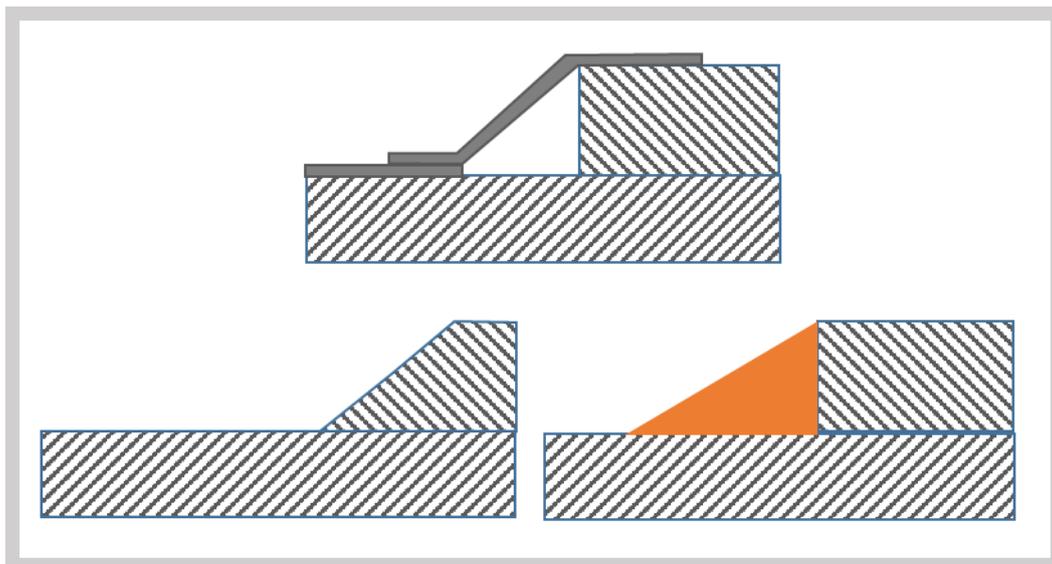


Figura 6: "Tent Effect" ocasionado por la cinta en bordes vivos (arriba). Mitigación por biselado o relleno con filler (abajo).

Para mitigar esta situación se recomienda generar biseles de 30° en las superficies que pueden generar este efecto. En los casos en que no sea posible, otra opción es generar una transición con filler entre ambas piezas.

Las aristas con filo pueden dañar la cinta por lo que es recomendable redondearlas siempre que sea posible.

3.1.2 Control de condiciones ambientales

La temperatura del caño deberá estar al menos 3°C por encima del punto de rocío, de lo contrario deberá suspenderse la aplicación, ya que se corre el riesgo de dejar humedad atrapada entre la superficie del caño y el revestimiento.

3.1.3 Aplicación de imprimador

No se recomienda el uso de productos con primer incorporado, ya que en el caso de vencimiento del mismo también deberá descartarse la cinta. Se recomienda adquirir cinta y primer por separado.

El primer se aplica manualmente con rodillos y se debe controlar el espesor de película húmeda con un peine antes de proceder a la aplicación de la cinta. El espesor a aplicar dependerá de las especificaciones del producto. pero por lo general un valor típico ronda los 150 µm.

Un espesor muy superior a estos parámetros perjudica la durabilidad de la reparación, ya que el tiempo de curado del imprimador es mayor y es más susceptible a agrietarse.

3.1.4 Parámetros de aplicación (Tensión – solapamiento)

Para los casos en los que sea posible, siempre es recomendable la aplicación con herramientas ya sean manuales o motorizadas para asegurar un solapamiento y tensión de aplicación constante.

Tensión: Cuando solamente sea posible la aplicación manual, se deberán seguir las recomendaciones del fabricante para asegurar una aplicación exitosa. Puede por ejemplo indicarse un porcentaje de angostamiento de la cinta respecto a su ancho original que asegure la tensión adecuada

Es importante tener en cuenta que la tensión necesaria puede variar según la temperatura ambiente al momento de la instalación

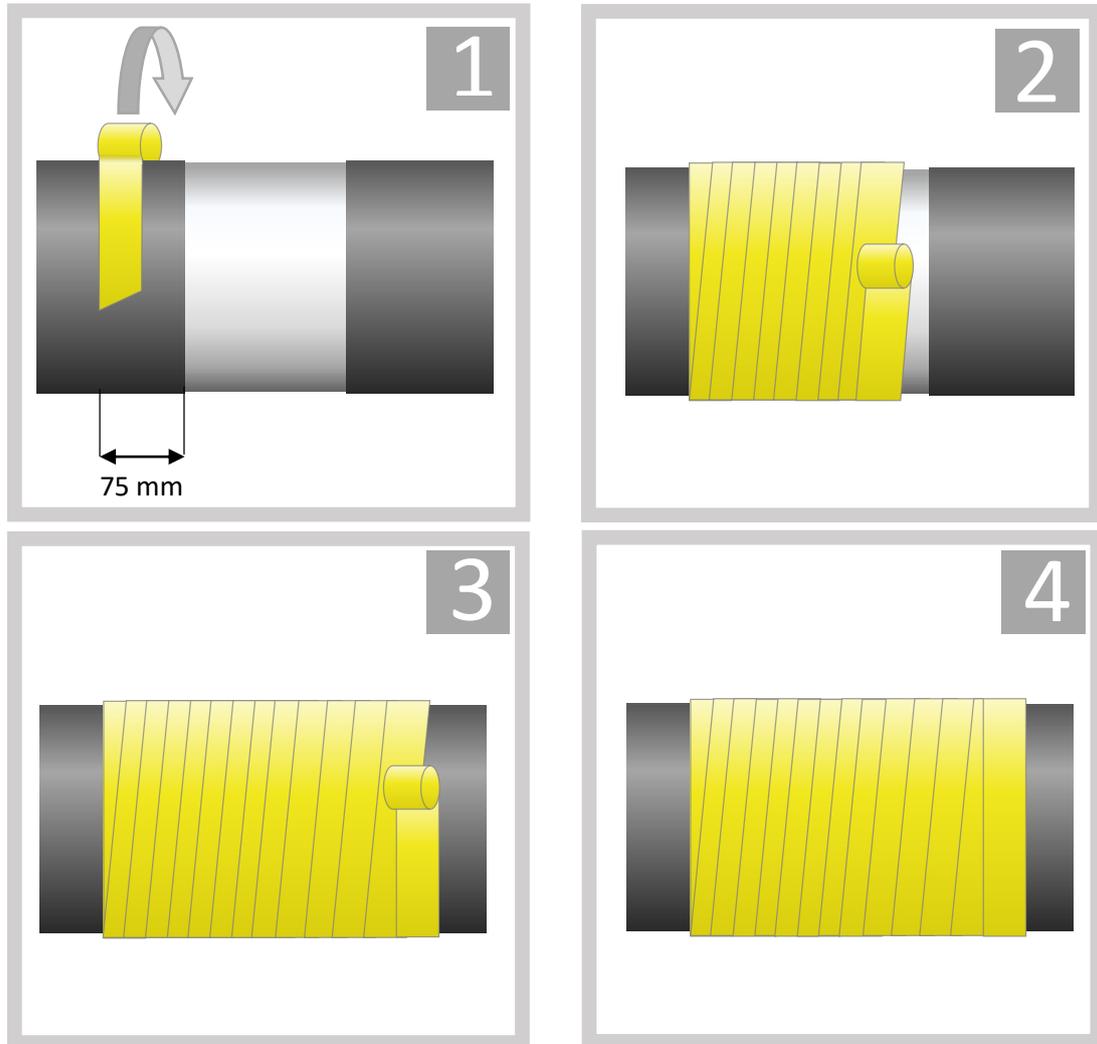


Figura 7: Secuencia de aplicación de cinta.

Se recomienda un solapamiento entre la cinta y el revestimiento base de al menos 50mm

La primera vuelta se realiza en forma vertical (sin ángulo) para cubrir la punta de la cinta, luego se comienza a aplicar de forma helicoidal con el solapamiento adecuado.

Solapamiento entre vueltas de cinta: en capa simple no debe ser menor a 25,4 mm (NAG 108). En el caso de aplicar capa doble el solapamiento mínimo depende del diámetro de la cañería.

Si la aplicación requiere más de un rollo, se recomienda que el solapamiento entre ellos sea del 50%.

La última vuelta se realiza en forma vertical al igual que la primera; y de manera que el extremo final de la cinta quede orientado hacia abajo para dificultar el despegue.

En caso que no sea posible aplicar la vuelta vertical, Es recomendable realizar un recorte en el extremo de la cinta para no dejar ángulos rectos que podrían despegarse con mayor facilidad y que lo extremo de la cinta quede orientados hacia abajo.

Reparaciones Menores: En el caso que se requiera hacer reparaciones menores tipo parche, la cinta deberá dar la vuelta completa al caño, Se recomienda que el largo de zona revestida sea de al menos el diámetro de la cañería

3.1.5 Controles de calidad

- Control visual: No deben observarse protuberancias, hendiduras, fisuras, perforaciones o cualquier otra irregularidad que discontinúe la superficie revestida. La superficie revestida deberá presentar un aspecto liso, homogéneo y uniforme. Los desniveles por transición con otros revestimientos o cordones de soldadura deben mostrar apariencia uniforme.
- Detección de fallas con Holiday Detector: para cintas, las fallas de aislación se asocian casi exclusivamente a un espaciado entre vueltas (sin solapamiento). Se recomienda como mínimo reemplazar dos vueltas de cinta hacia cada lado de la falla.
- Ensayo de Adherencia, según los lineamientos de la norma DIN 30672

3.2 Revestimientos a base de resinas epoxi líquidas (NAG-108 grupo E)

Estos revestimientos emplean una resina epoxi dosificada con un catalizador, el cual comienza a endurecer o curar la resina a partir del momento en el que se produce la mezcla. Se puede aplicar con máquinas airless o mediante pinceles o rodillos, según el tamaño del área a revestir.

Se recomienda el uso de pinturas libres de solventes (NAG-108 subgrupo E2 tipo B) ya que el espesor seco final es igual al espesor húmedo. Por otro lado, el acabado superficial es más fácil de lograr ya que no se producen chorreaduras.

Un aspecto particular de la aplicación en campo de este tipo de revestimientos es el del a disposición adecuada de los residuos y tierra contaminada con pintura.

3.2.1 Preparación superficial

La superficie metálica expuesta deberá ser arenada hasta lograr un grado de limpieza Sa 2 ½ ISO 8501-1 o “metal casi blanco” SSPC SP10.

Se deberá controlar el pH, niveles de sales y arcilla de la arena. La presencia de sales puede facilitar el ingreso de agua por osmosis al espacio entre el metal y el revestimiento una vez pintado y producir ampollas en la pintura. Estas también pueden ser causadas por falta de adherencia en los puntos donde se encuentren partículas de arcilla.



Figura 8: Ampollas en ducto revestido con pintura epoxi.

Antes de proceder al reforrado de la cañería, se eliminará todo polvo y suciedad remanente.

Se debe controlar el nivel de sales sobre la superficie antes de proceder a pintar. Existen varios métodos, como por ejemplo el método de Bresle.



Figura 9: Medición de sales en superficie arenada por método de Bresle.

Se adhiere un parche de latex al sustrato que formar una celda. Luego se le inyecta un volumen determinado de agua destilada (previa medición de su conductividad) utilizando una jeringa. El agua se deja en contacto un el parche un tiempo definido según la norma utilizada (por ejemplo, ISO 8502-6), luego se extrae y reinyecta un número de veces, finalmente se vuelve a medir la conductividad para determinar presencia de sales.

3.2.2 Control de condiciones ambientales

- El material de revestimiento será transportado y almacenados a temperaturas entre 10° C y 38° C.
- Si la temperatura de la superficie metálica es inferior a 10° C o se detectará humedad sobre el sustrato se precalentará la superficie a revestir (hasta 60° C) incluyendo los bordes de polietileno del revestimiento existente.
- La diferencia entre la temperatura del metal y el punto de rocío debe ser mayor a 3°C.
- No se puede aplicar el revestimiento en caso de que la humedad relativa ambiente (HR) supere el 85%. En caso de interrupción del proceso, la superficie ya granallada (arenada) se puede revestir de acuerdo con 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 o arenarse nuevamente. La duración de esta ventana operativa debe tenerse en cuenta para calcular la superficie de caño que puede arenarse para la sesión de pintura.

- Si existieran vientos que produzcan polvo en suspensión, se procederá al regado de la zona de trabajo y se utilizarán carpas o recintos portátiles, que permitan un control de las condiciones ambientales.

3.2.3 Control de Insumos

El material de revestimiento a utilizar deberá estar identificado de la siguiente manera:

- Nombre del Fabricante.
- Descripción del producto.
- Número de lote (partida).
- Fecha de vencimiento (almacenamiento).
- Temperatura de almacenamiento.

3.2.4 Aplicación del revestimiento

La aplicación de la pintura se podrá efectuar por sopleteado con equipos AIR LESS aprobados por el proveedor de la pintura o mediante pincel, rodillo o espátula, utilizando la versión de la pintura adecuada para el sistema de aplicación seleccionado.

Antes de proceder al forrado de la cañería, se eliminará con aire a presión seco y filtrado, todo el polvo remanente de la limpieza abrasiva. La superficie deberá estar libre de humedad, aceite y grasa, así como de cualquier otro elemento contaminante nocivo.



Figura 10: Aplicación de pintura epoxi líquida sin solventes sobre ducto en servicio.

Se debe respetar siempre la proporción de resina/catalizador indicada por el fabricante, ya que de lo contrario no se puede asegurar las propiedades del sistema curado.

El espesor mínimo recomendado de película seca es de 450 μm . Un espesor muy bajo facilitará la difusión de agua desde el medio hacia la superficie del caño.

Por el contrario, un espesor excesivo puede generar chorreaduras y tampoco implica un beneficio en la protección del sustrato, ya que la pintura será más susceptible de fisurarse con los ciclos de presión del caño.



Figura 11: Superficie revestida con espesor insuficiente de epoxi. Se observan además chorreaduras y ampollas.

Se recomienda evitar los diseños con bordes en ángulos rectos, de ser posible eliminándolos con biselado con un ángulo de 30°. Cuando no sea posible, se aplicará una capa adicional o stripe coat en los vértices para evitar zonas de bajo espesor de película:

Si el revestimiento original de la cañería a revestir es sistema tricapa, se deberá exponer la capa de epoxi adherido por fusión (Fusion Bonded Epoxy) del sistema tricapa en la zona de transición entre este y el segmento a revestir con epoxi líquido.

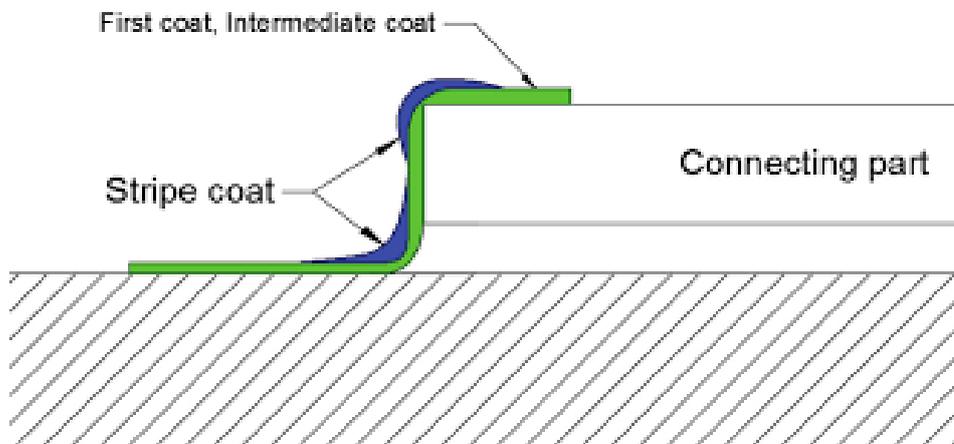


Figura 12: Capa adicional recomendada para zonas con ángulos vivos.

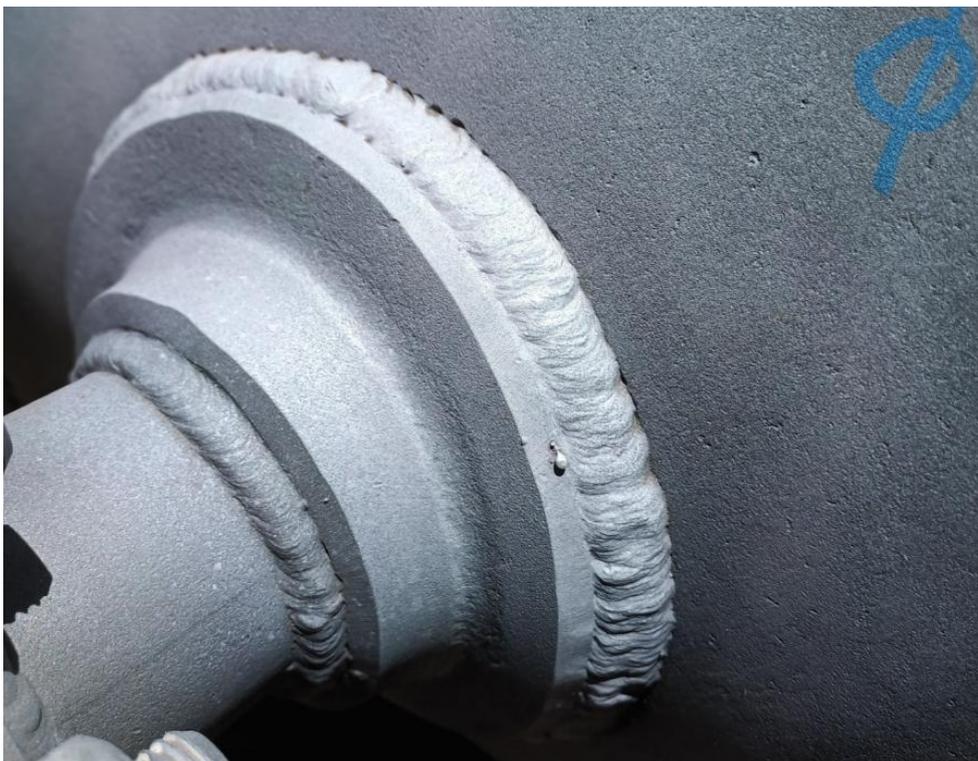


Figura 13: ejemplo de ángulo vivo en un refuerzo de derivación.

Para la aplicación de la pintura se seguirá detalladamente el procedimiento indicado por el proveedor.

No obstante, lo mencionado se deberá prestar especial atención en las siguientes operaciones:

- Control de las condiciones climáticas; temperatura, humedad, polvo en suspensión etc.

- Temperatura del sustrato > 10° C y esté por lo menos 3°C por encima del punto de rocío.
- Control de polvo en la superficie metálica

Durante la aplicación de la pintura se deberá chequear el espesor de la película húmeda, teniendo especial atención sobre las soldaduras. Para tal fin se debe usar un peine medidor de película húmeda. Se recomienda controlar periódicamente las dimensiones del peine para descartarlo en caso de desgaste. Esto puede llegar a ocasionar lecturas erróneas en donde se sobreestime el espesor de película húmeda y no se alcance el espesor establecido.

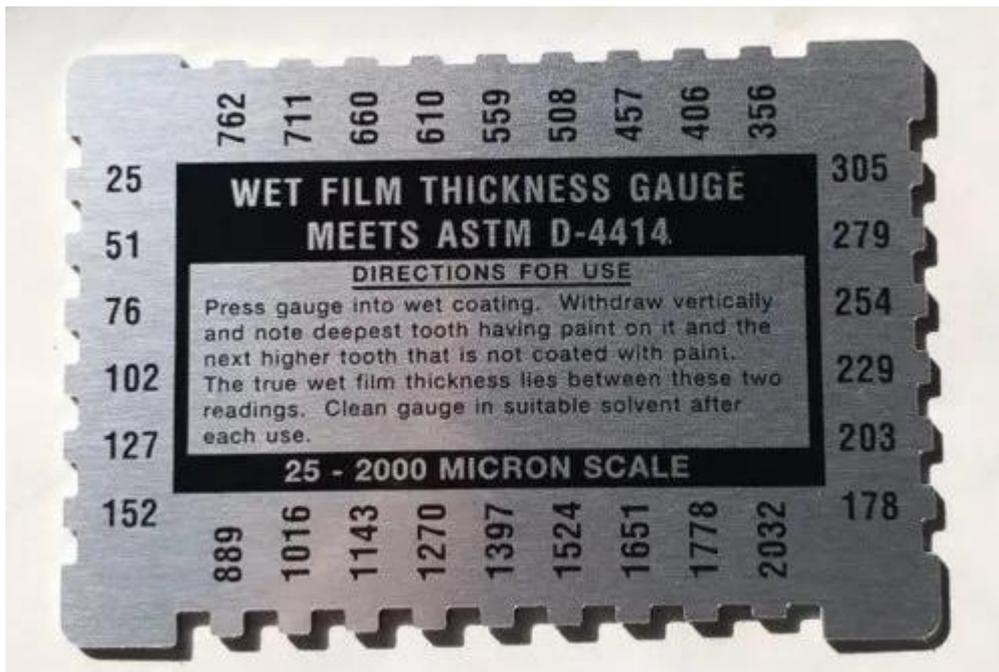


Figura 14: Peine para medición de película húmeda.

3.2.5 Curado

Si bien los tiempos de curado son muy variables dependiendo de factores como la composición de pintura utilizada y condiciones ambientales, es una buena práctica tomar el tiempo de curado en 24hs para estandarizar las condiciones durante los controles de calidad.

3.2.6 Controles de calidad

- Inspección visual: el revestimiento deberá cubrir toda la superficie metálica y estar libre de protuberancias y áreas de metal expuesto; los bordes con el revestimiento de fábrica embebidos en pintura y solapados 50 mm como mínimo.
- Control de espesores de película seca: se efectuará luego que el revestimiento haya curado a un grado “seco al tacto”, se recomienda medir como mínimo tres espesores por metro lineal de cañería revestida, en forma aleatoria, en puntos desfasados aprox. 120°. Se utilizará un medidor magnético “Microtest”, “Elcometer” u otro similar aprobado con certificado de calibración de validez Nacional. Cada usuario determinará el

espesor mínimo permitido, no pudiendo ser menor que 450 μm .

Las áreas de revestimiento de menor espesor deberán ser reparadas mediante la aplicación de revestimiento adicional para cumplimentar con los requerimientos. Para este revestimiento no se requerirá arenado siempre y cuando el revestimiento inicial se encuentre seco al tacto (aunque pegajoso al presionar); si éste ya hubiera llegado a un grado de curado total, se lo deberá someter a un arenado suave o lijado con lijas de arena 60 – 80 para asegurar una buena adherencia entre las capas.

- **Detección de fallas con Holiday Detector:** se recomienda inspeccionar el 100% de la superficie revestida, una vez que el revestimiento haya endurecido por completo. El electrodo podrá ser de caucho conductor o metálico y abarcará toda la circunferencia de la cañería. La tensión de prueba será verificada diariamente, con el valor determinado según la norma *ASTM G62*. Se deben reparar la totalidad de las fallas detectadas previa preparación de la superficie (lijado o arenado suave) si la pintura está totalmente endurecida.

Se recomienda que el usuario establezca un número máximo de fallas permitido a partir del cual se debe arenar y repintar el segmento.

- **Ensayo de adherencia:** Se llevará a cabo sobre la superficie revestida una vez que el revestimiento se encuentre curado. Se puede determinar mediante un ensayo de arranque (*ASTM D4541*) que arroja valores de fuerza necesario para arrancar el revestimiento; o método de cuchilla (*ASTM D6677*).

En este último método se utiliza un cuchillo de punta afilada, se hacen dos cortes de aproximadamente 13 mm de longitud hasta la superficie del metal para formar una V con un ángulo de aproximadamente 30° en el punto de intersección; desde el punto de intersección, forzar el revestimiento para que despegue desde la superficie metálica usando un cuchillo de punta afilada.

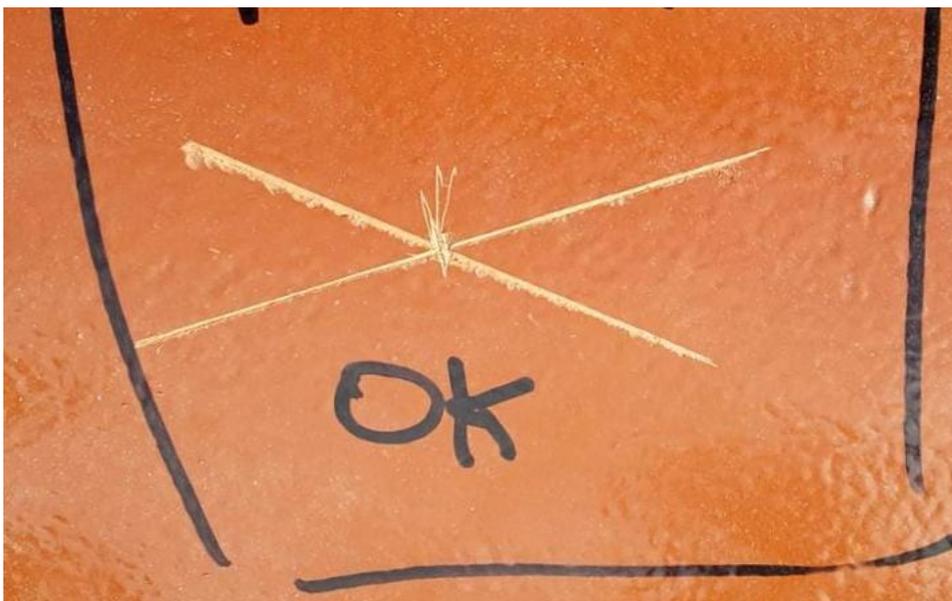


Figura 15: Ejemplo de ensayo de adherencia por cuchillo aceptado.

La norma contiene una tabla con una valoración cualitativa de los resultados del ensayo en función del tamaño de los fragmentos que se logra desprender con la cuchilla. Se recomienda que el usuario establezca un número máximo de fallas tolerable a partir del cual se debe arenar y repintar el segmento.

3.3 Aplicación de revestimientos termocontraíbles (NAG-108 grupo H)

Los revestimientos termocontraíbles están conformados por una capa externa de poliolefinas con memoria elástica y una interna de adhesivo.

Pueden encontrarse en forma de cintas, mantas, tubos y preformados. En particular, el formato de manta con baja relación de contracción puede ser utilizado para reparación de revestimiento dañado, contemplado por la NAG-108.

Debe ser utilizado exclusivamente para tramos rectos de cañería, no pudiendo ser utilizado para reparar revestimiento en accesorios.



Figura 16: Uso incorrecto de una manta termocontraíble sobre un accesorio. Se observan arrugas en la parte inferior del codo.

Algunos esquemas incluyen además una aplicación de imprimador epoxi como primera capa, diseñado como alternativa para reparación en revestimientos tricapa (NAG-108 subgrupo G4).

3.3.1 Preparación superficial

Se arenará la superficie metálica hasta lograr un grado de limpieza Sa 2 ½ ISO 8501-1 o “metal casi blanco” SSPC SP10.

En caso de no ser posible el arenado, se deberá lograr el grado de limpieza SSPC SP2 (limpieza manual) o SSPC SP3 (limpieza con herramientas motorizadas). En ambos casos se deberá tener el cuidado de lograr o mantener el perfil de anclaje adecuado el tipo de manta, por lo general entre 40 y 110µm.

Se debe lijar al menos 50mm (2”) hacia cada lado del revestimiento original donde se deberá superponer la manta, aunque se recomienda lijar al menos 75mm (3”) para mejorar la adherencia en la zona de transición entre la manta y el revestimiento original.

3.3.2 Calentamiento

Los detalles del calentamiento del sustrato varían dependiendo del producto, por lo que es fundamental seguir las instrucciones del fabricante. El aporte de calor necesario aumenta con el diámetro del caño, y a partir de 16 pulgadas es necesario aplicar con dos soplonés.

Existen algunas presentaciones que no requieren calentamiento de la superficie a cubrir, siempre que supere los 10°C. Estas mantas pueden ser muy útiles en casos de reparaciones en cañerías en operación donde la aplicación de llama directa sobre el caño puede significar un problema de seguridad.

3.3.3 Aplicación de epoxi/imprimador

En cuanto a la aplicación de imprimador, puede ser obligatoria u opcional según el producto. Para caños revestidos con sistema tricapa dentro del ámbito de aplicación de la norma NAG-100, las mantas deben ser instaladas con imprimador epoxi.

Las indicaciones de aplicación son las mismas que para sistemas del grupo B.

Dependiendo del producto, la colocación de la manta se hará con el primer húmedo o seco al tacto. Para este último caso se suele indicar una etapa intermedia de calentamiento entre la aplicación del primer y la colocación de la manta.

3.3.4 Colocación de la manta

El procedimiento de colocación suele variar según el producto, pero por lo general incluye los siguientes pasos:

- 1) Calentamiento leve y fijado de extremo de la manta (lado adhesivo) sobre el caño, el solape debe quedar entre las 10 y 2hs.
- 2) Presentación de la manta alrededor del caño, debe haber holgura entre la manta y la parte inferior del caño.



Figura 17: Presentación de la manta alrededor del ducto.

- 3) Calentamiento leve del extremo colocado (cara termocontraíble) y el extremo libre de la manta (cara adhesivo).
- 4) Solape de al menos 50mm entre ambos extremos, dejando una holgura de 50-100mm entre la manta y el caño.
- 5) Calentamiento leve alrededor de solape y colocación del sello, calentamiento del sello



Figura 18: Calentamiento del sello.

Una de las fallas más recurrentes en mantas termocontraíble es por despegue del sello, ocasionado por falta de calentamiento en el la manta. En la figura inferior se puede ver una inspección de una manta colocada anteriormente donde el sello no adhirió correctamente. Esto es claro en la parte lisa de la manta que no adoptó la impronta de

del entramado de la banda y por lo uniforme de la superficie de contacto luego del despegue:

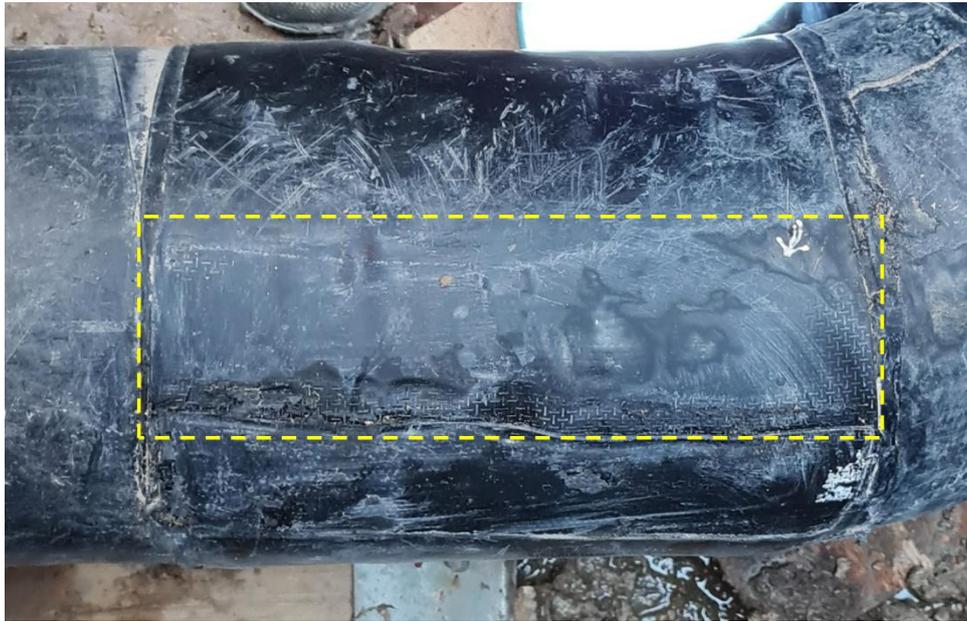


Figura 19: Ejemplo de falta de adherencia en sello por calentamiento insuficiente.

- 6) Calentamiento circunferencial para lograr la contracción partiendo del centro de la manta hacia los extremos; calentamiento longitudinal del sello, eliminación de aire atrapado y emparejamiento con rodillo. Una señal de aplicación correcta es observar el flujo de adhesivo hacia el borde de la manta.



Figura 20: Eliminación de burbujas de aire y arrugas con rodillo.

Si el revestimiento base dañado es tricapa, existen productos basados en polietileno para reparar defectos de revestimiento menores en los que una manta termocontraíble excede notablemente en tamaño de la zona a reparar.

Tabla 1: Tipo de reparación según dimensiones del defecto en revestimiento.

Tamaño defecto en revestimiento	Profundidad	Tipo de reparación
Hasta 25 mm x 25 mm	Sin metal expuesto	Barra de fusión
Hasta 100 mm x 100 mm	Metal expuesto	Filler + Parche
> 100 mm x 100 mm	Metal expuesto	Filler + Manta termocontraíble

3.3.5 Control de calidad

Se deben realizar los mismos controles de calidad que para el caso de los laminados tipo B.

3.4 Aplicación de ceras microcristalinas (NAG-108 grupo I)

Estos sistemas emplean ceras microcristalinas de petróleo y cintas saturadas en cera para proteger el sustrato. El principio de protección se basa en la cualidad hidrofóbica de la cera, es decir que rechaza la humedad. Difiere de los otros sistemas en el hecho de que no depende de la adherencia al sustrato.

La protección mecánica se confiere aplicando una segunda capa externa, usualmente de PVC o de resinas activadas por humedad.

Se recomienda para aplicación en sustratos de geometría irregular y cuando la preparación de superficie y eliminación de la humedad sean dificultosas.

3.4.1 Preparación superficial

Frente a otros sistemas de revestimiento tiene la ventaja de una preparación superficial menos exigente. La superficie metálica expuesta puede ser acondicionada con herramientas manuales alcanzando grado de limpieza SSPC-SP2; o mediante herramientas motorizadas SSPC-SP3.

3.4.2 Aplicación

En frío: Se debe aplicar una capa delgada de cera con rodillo, pincel o paño, cuidando de que la cantidad no sea excesiva. En el caso de que haya humedad en la superficie del caño, se debe presionar y frotar firmemente al pasar el primer para desplazar la humedad y asegurar el contacto con la superficie metálica. La cera no requiere curado, se recomienda continuar con la aplicación de la cinta lo antes posible para evitar la contaminación.

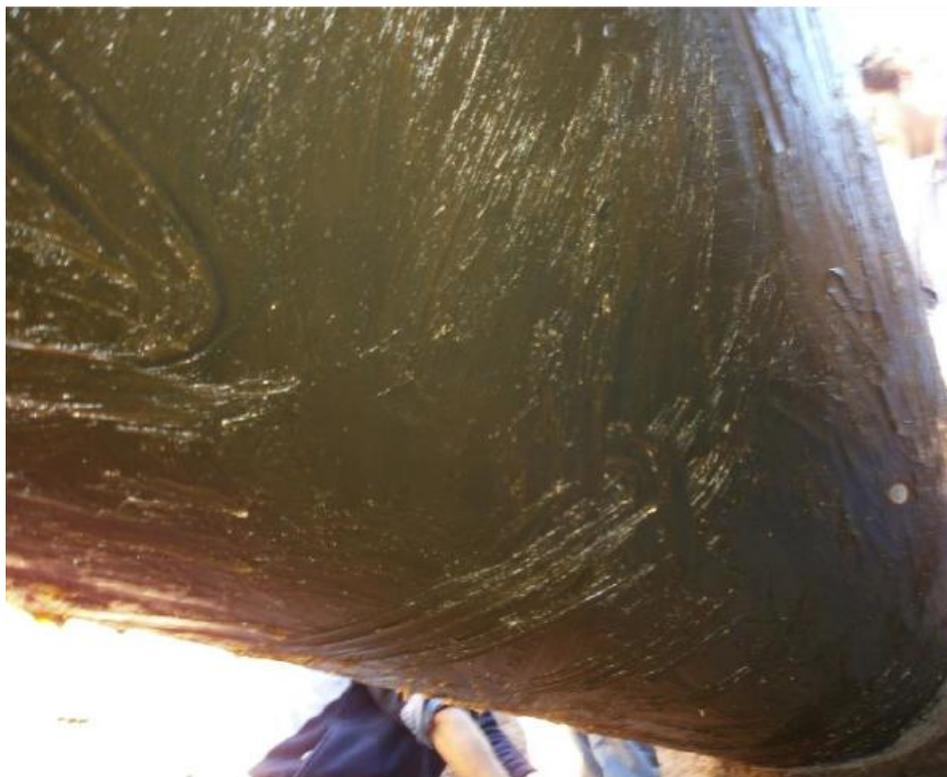


Figura 21: Aplicación de capa de cera

La cinta se aplica en forma helicoidal solapando el revestimiento existente al menos 75mm, con solape entre cintas de al menos 25,4mm. Para el recubrimiento de zonas irregulares se pueden hacer recortes de cinta respetando el mismo solapado, aplicando de manera holgada para permitir adoptar la forma de la superficie.



Figura 22: Aplicación de cinta embebida en cera.

En caliente: Se calienta la cera hasta la temperatura indicada por el fabricante y se aplica por método de inundación.

Se aplica la cinta con las mismas consideraciones que aplicación en frío y se termina con una capa final de cera.

3.4.3 Capa externa

En algunos casos puede ser necesario aplicar una capa externa adicional para aportar resistencia mecánica al sistema. Estas cintas de protección mecánica suelen obtenerse en materiales como PVC, PE o de resinas activadas por agua. Con estas últimas debe tenerse el cuidado de contar con un mayor número de unidades del que requiere la reparación, ya que si se daña el envase esto puede ocasionar el curado prematuro de la cinta y su inutilización.

3.4.4 Controles de Calidad

Se debe inspeccionar mediante control visual y ensayo holiday.



Figura 23: Aplicación de cinta externa.

4 Comparativa entre distintos sistemas de revestimientos

A continuación, se resume y compara algunas de las características de aplicación y performance de los principales esquemas válidos para reparación abarcados por la norma NAG-108. Además, se compara la compatibilidad entre sistemas.

Tabla 2: Compatibilidad entre esquemas de revestimiento.

		Esquema de Reparación			
		Laminados Plásticos (B)	Epoxi (E)	Termocontraíbles (H)	Ceras microcristalinas (I)
Revestimiento Base	Cintas (C)	Sí	No	Sí	Sí ⁽³⁾
	Epoxi	Sí	Sí	No	Sí ⁽³⁾
	Tricapa (G)	Sí	No	Sí	Sí ⁽³⁾
	Asfáltico (A)	Sí	No	Sí	Sí ⁽³⁾

(3): no hay incompatibilidad ya que la cera trabaja por principio hidrofóbico y no por adherencia al sustrato.

Tabla 3: Comparación entre distintos esquemas de reparación.

	Laminados (B)	Epoxi (E)	Termocontraíbles (H)	Ceras Microcristalinas (I)
<i>Aplicación en Campo</i>				
Preparación Superficial	<ul style="list-style-type: none"> Arenado Sa 2 1/2 perfil de anclaje 	<ul style="list-style-type: none"> Arenado Sa 2 1/2 perfil de anclaje 	<ul style="list-style-type: none"> Arenado Sa 2 1/2 perfil de anclaje 	Herramientas Manuales SP-2
Condiciones Ambientales	punto de rocío	<ul style="list-style-type: none"> punto de rocío humedad relativa temperatura sustrato 	<ul style="list-style-type: none"> punto de rocío temperatura sustrato 	Aplicable en superficie húmeda
Tiempo de aplicación	1 hora	2 horas	30 minutos	40 minutos
Tiempo para tapada	inmediato	24hs por curado	inmediato	inmediato
Adaptabilidad geométrica	tramos rectos, curvas, accesorios	cualquier geometría ⁽¹⁾	únicamente tramos rectos	tramos rectos, curvas, accesorios, uniones bridadas
Dificultad de remoción	alta	media	alta	baja
<i>Performance</i>				
Compatibilidad con protección catódica	Apantallante	No apantallante	Apantallante	Apantallante
Susceptibilidad al SCC	alta	baja	alta	media-alta
Susceptibilidad al Soil Stress	alta	baja	alta	alta
Resistencia al Impacto	buena	regular	buena	buena ⁽²⁾

(1): Bordes vivos: se debe aplicar stripe coat, suavizar o biselar.
(2): Si se complementa con segunda capa o outerwrap

5 Nuevos sistemas de revestimiento

5.1 Materiales viscoelásticos

Los recubrimientos viscoelásticos están compuestos por poliolefinas amorfas. Estos sistemas logran un buen contacto con el sustrato sin la necesidad de preparar la superficie por arenado ni de imprimación.

Pueden encontrarse en formato cinta, mastic, masillas o selladores. Son particularmente adecuados para aplicación en superficies de geometría irregular, como por ejemplo recubrimiento de bridas, o en los casos que la preparación superficial sea dificultosa.

5.1.1 Preparación superficial

La preparación superficial es menos exigente que para la aplicación de otros sistemas como cintas plásticas o epoxi. Por lo general los fabricantes indican un nivel mínimo de limpieza manual con cepillo según SSPC SP2, aunque recomiendan para mejores resultados limpieza con herramientas motorizadas grado SSPC SP3 o arenado comercial grado SSPC SP6.



Figura 24: aplicación de cinta viscoelástica.

5.1.2 Aplicación

La cinta se aplica en forma helicoidal sin tensión y evitando el aire atrapado. Dependiendo del fabricante, se recomienda solapar con el revestimiento existente entre 75-150mm. Se suele

recomendar un solape entre vueltas de al menos 10mm. La primera y última vuelta deben ser en forma vertical (sin ángulo).

Para el recubrimiento de zonas irregulares se pueden hacer recortes de cinta respetando el mismo solapado, aplicando de manera holgada para permitir adoptar a la geometría de la superficie.

IMPORTANTE: Los extremos de la cinta deben quedar en posición hacia abajo para dificultar el despegue.

Posteriormente se debe cubrir con una cinta de refuerzo externo para aportar resistencia mecánica al sistema.

5.1.3 Control de calidad

Se debe realizar el control visual y detección de fallas por holiday luego de la capa de material viscoelástico y antes de la colocación de la cinta externa.

6 Transición entre revestimientos incompatibles

En los casos en el revestimiento del segmento reparado sea incompatible con el adyacente, por ejemplo, epoxi con tricapa, se puede proteger la transición mecánicamente con cintas del grupo B. Se recomienda que la zona a proteger sea de al menos el diámetro de la cañería, teniendo a la zona de transición en el punto medio.

7 Bibliografía – Normativa de referencia

NAG-108: Revestimientos anticorrosivos de cañerías y accesorios

Estándares de preparación superficial

SSPC-SP1: Solvent Cleaning

SSPC-SP-2: Hand Tool Cleaning

SSPC-SP-3: Power Tool Cleaning

SSPC-SP-10: Near-White Metal Blast Cleaning

ISO 8501-1: Preparation Of Steel Substrates Before Application Of Paints And Related Products - Visual Assessment Of Surface Cleanliness - Part 1: Rust Grades And Preparation Grades Of Uncoated Steel Substrates And Of Steel Substrates After Overall Removal Of Previous Coatings

ASTM D4940: Standard Test Method for Conductimetric Analysis of Water Soluble Ionic Contamination of Blast Cleaning Abrasives

ASTM D4285: Standard Practice for Indicating Oil or Water in Compressed Air

ISO 8502-6: Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 6: Extraction of water soluble contaminants for analysis (Bresle method)

ASTM D4417: Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel.

Estándares de calidad de aplicación

DIN 30672: Coatings of corrosion protection tapes and heat shrinkable material for pipelines for operational temperatures up to 50 °C

ASTM D-4414: Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages

ASTM G62: Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coatings

ASTM D6677: Standard Test Method for Evaluating Adhesion by Knife

8 CV de los participantes

Ignacio Lafoz: Ingeniero en materiales del Instituto Sabato, trabajó como ingeniero en integridad para YPF Upstream, actualmente se desempeña como analista de integridad en TGN S.A.

Andrea Moneta: Ingeniera química de la UTN, 24 años de experiencia en protección anticorrosiva de ductos de gas y petróleo, actualmente es Especialista en corrosión para GIE Group.

Pablo Cianciosi: Ingeniero químico de la UTN, con 15 años de experiencia en la integridad de oleoductos y gasoductos, actualmente se desempeña como Ingeniero de integridad y corrosión para YPF Logística.

Edgardo Coos: Ingeniero electrónico del ITBA, con 25 años de experiencia en gestión de obras del sector hidrocarburos, actualmente se desempeña como Asistente de protección catódica en Camuzzi Gas.

Eduardo Carzoglio: Ingeniero químico de la UBA, especialista en integridad de ductos con más de 30 años de experiencia en el sector, actualmente se desempeña como consultor privado.

9 Anexos

9.1.1 Anexo A - Ensayo de Holiday

Este ensayo permite detectar discontinuidades en un recubrimiento de un caño metálico aplicando una diferencia de potencial entre este y un electrodo en contacto con el revestimiento. El voltaje a aplicar depende del espesor de recubrimiento en micrones, está definido por el estándar ASTM G62.



Figura 25: Ensayo de holiday con collarín.

El electrodo puede ser un collarín o una escobilla para zonas de geometría irregular.

9.1.2 Anexo B - Ensayo de Adherencia

Se corta una lengüeta de dimensiones definidas en el revestimiento, se coloca en una mordaza y se aplica peso o fuerza mediante un dinamómetro. Según el tipo de sustrato, peso, tiempo y máximo desprendimiento se define la aceptación o rechazo del ensayo. El ensayo está estandarizado en varias normas, entre ellas la DIN 30670 la que refiere la NAG-108.



Figura 26: Ensayo de adherencia con dinamómetro.