

Tipos de revestimiento y proyectos realizados

Alberto Alonso

Director General de STS TUBULAR GROUP

a.alonso@sts-pipe.com

Introducción

SERT S.L. (Sociedad Española de Revestimiento de Tubos, S.L.) es una empresa española líder perteneciente al grupo STS TUBULAR GROUP, cuya actividad es el revestimiento de tubería de acero desde el año 1993. Actualmente, SERT reviste tubería de diámetros superiores a 4 pulgadas.

A lo largo de los años ha reforzado su presencia tanto en el mercado nacional como internacional, al realizar el revestimiento de tubería de múltiples proyectos, tanto en los sectores del gas y del petróleo, así como en el sector hidráulico.

El objetivo de esta presentación es exponer los diferentes revestimientos que ofrece STS TUBULAR GROUP, así como una relación de algunos de los proyectos en los que ha participado y los diferentes tipos de revestimientos empleados en dichas conducciones.

Protección de las tuberías de acero

Las tuberías de acero están sometidas a ataques, tanto desde el exterior como desde el interior y, por lo tanto, deben protegerse para evitar su deterioro en el transcurso del tiempo. El principal ataque frente al que hay que luchar en una tubería de acero es a la corrosión.

La corrosión es la tendencia que tienen los metales a volver al estado en el que se encontraban en la naturaleza, ya que es su forma más estable. Este fenómeno se produce por un mecanismo electroquímico, al encontrarse la estructura metálica en un medio en el que hay agua, sales, etc.

El deterioro por corrosión se ve acelerado por diferentes factores, como puede ser la presencia de corrientes vagabundas, así como por deterioros en el revestimiento de la tubería, principalmente durante el montaje.

Con el objetivo de evitar el deterioro de las tuberías de acero, mayoritariamente se emplean dos mecanismos conocidos como PROTECCIÓN PASIVA Y PROTECCIÓN ACTIVA.

La protección pasiva consiste en aislar la conducción mediante revestimientos, haciendo que los ánodos y cátodos naturales formados en la superficie queden aislados del electrolito en el que se encuentran (suelo) impidiendo la formación de pilas que provocan la corrosión.

La protección activa es generalmente conocida como protección catódica y consiste en polarizar negativamente la conducción, es decir transformarla en cátodo para que sea así inmune a la corrosión.

Existen dos métodos de protección catódica: corriente impresa y ánodos de sacrificio. La protección activa completa la acción de los revestimientos, ya que los daños que pueda sufrir el revestimiento durante la manipulación, transporte etc. pueden provocar que una pequeña superficie de la tubería quede expuesta a la acción del suelo, pudiendo comenzar en ese punto el deterioro por corrosión. La protección catódica hará que el envío de corriente a ese punto impida la corrosión.

Como conclusión de lo expuesto, es lógico pensar que la elección de un buen revestimiento con garantías de protección a largo plazo posibilita la reducción de costes en la instalación de los sistemas de protección catódica.

Elección del sistema de revestimiento

Tal y como se ha expuesto, la elección del tipo de revestimiento de tuberías de acero es un punto importante en el diseño de una conducción para alargar la vida útil de la misma.

A la hora de elegir un revestimiento es importante tener en cuenta diversos factores ya que además de proteger frente a la corrosión, son importantes también características tales como su durabilidad, resistencia a impactos, resistencia a la abrasión, envejecimiento térmico, permeabilidad al agua, al oxígeno, resistencia a radiación ultravioleta y todos los múltiples factores que puedan poner en riesgo la protección de la conducción.

Al igual que en otras industrias, el avance tecnológico ha permitido mejoras en los revestimientos, así como la introducción de nuevos sistemas de protección de tubería metálica. Junto con el desarrollo tecnológico, el uso de los sistemas inicialmente empleados va decreciendo con el paso del tiempo. Esto es debido principalmente a las peores características de protección que ofrecen, así como a los riesgos medioambientales y/o de seguridad laboral asociados a algunos revestimientos.

Revestimiento exterior

En sus inicios, los revestimientos externos consistían fundamentalmente en revestimientos bituminosos que se han ido desplazando por otros revestimientos debido a las mejores características anticorrosivas y mecánicas que ofrecían los nuevos materiales de revestimiento.

Posteriormente, al comienzo de la década de 1960, se comenzó a utilizar mayoritariamente el sistema FBE (Fusion Bonded Epoxy). Este revestimiento consiste en la aplicación de epoxy en polvo sobre la superficie del acero previamente calentada. Aunque este sistema se sigue empleando mayoritariamente en Norteamérica e Inglaterra, existe una tendencia decadente del mismo a favor del sistema de protección con materiales termoplásticos, principalmente polietileno y polipropileno.

El sistema de protección con materiales termoplásticos comenzó a emplearse en Europa a finales de los años 80 y tiene su origen en la debilidad que el FBE presentaba frente a daños mecánicos que ocurren durante la manipulación de la tubería desde su revestimiento hasta su montaje.

Posteriormente, surgió el revestimiento tricapa (3 LPE – 3 layer polyethylene coating) que incluye una primera capa de epoxy en polvo (como el revestimiento FBE) previa al adhesivo y polietileno del sistema 2LPE, consiguiendo así un efectivo sistema de protección mecánica y anticorrosiva.

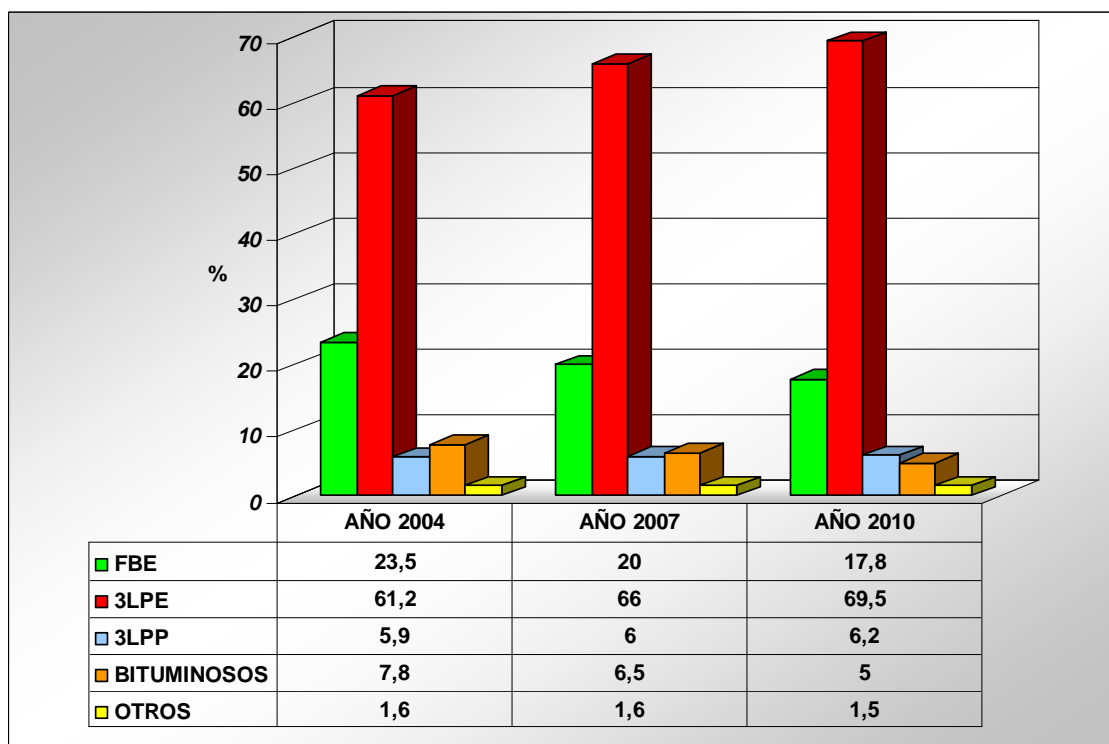
En los últimos años, se ha incorporado también el sistema 3LPP (3 layer polypropylene coating), consistente también en el mismo sistema de tres capas del 3LPE pero sustituyendo la última capa de polietileno por una de polipropileno. El polipropileno es una óptima elección en comparación con el polietileno cuando se requiere resistencia a temperaturas altas (mayores de 90°C).

Paralelamente, existen otro tipo de revestimientos que aunque no son utilizados en el sector gasista sí se encuentran en el sector hidráulico. Como ejemplo de este tipo de revestimiento se encuentra el poliuretano 100% sólidos.

Como representación de la tendencia de los revestimientos a lo largo de los años, a continuación se recogen los datos publicados por AMI CONSULTING. Estos datos reflejan los revestimientos empleados para la protección de tuberías de acero a nivel mundial en los años 2004 y 2007, así como la estimación para el año 2010:

En esta gráfica se puede observar como los revestimientos bituminosos han ido siendo desplazados a favor de un incremento de los revestimientos con termoplásticos (3LPE). También se observa un descenso en el empleo de revestimientos de FBE y una tendencia al alza de los revestimientos tricapa con polipropileno en los últimos años.

Para todos estos revestimientos comentados, SERT dispone de capacidad productiva suficiente para satisfacer los deseos y necesidades de cada cliente y así suministrar la tubería con el revestimiento elegido.



Normativa aplicable a los revestimientos

Existen diversas normas de revestimiento aplicables que pretenden estandarizar los requisitos de las materias primas empleadas para cada revestimiento, así como los requisitos y controles de calidad a los que deben suministrarse tanto las materias primas como el tubo revestido.

Las principales normas de aplicación son normas DIN (alemanas), NFA (francesas), AWWA (americanas). También se han estandarizado a nivel europeo mediante normas UNE. En función del tipo de revestimiento escogido, será aplicable una determinada norma.

Además de las normativas anteriormente mencionadas, los gasistas disponen de sus propias normativas con requisitos de calidad habitualmente superiores a los recogidos en la normativa habitual.

Características de cada revestimiento

Una vez expuestos a grandes rasgos los principales tipos de revestimientos mayoritariamente empleados para la protección de tuberías, a continuación se detallará en mayor detalle cada una de las opciones disponibles. El objetivo de exponer cada revestimiento es dar una visión objetiva al sector hidráulico para que le sirva de guía a la hora de elegir un tipo de revestimiento u otro en función de sus necesidades.

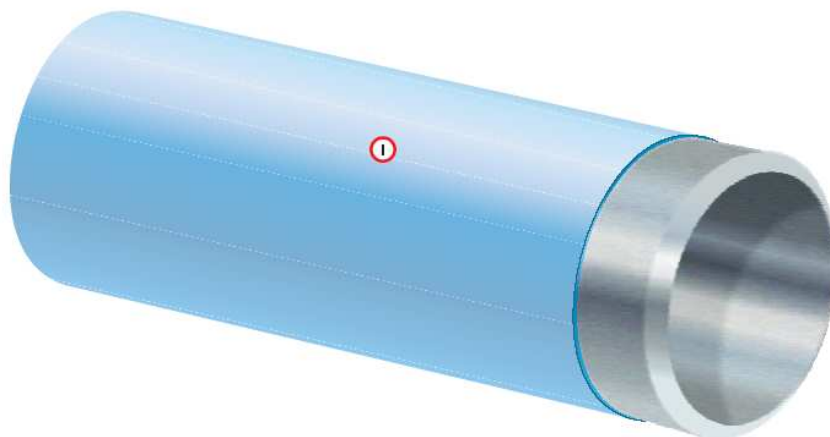
Las características que debe cumplir un buen revestimiento son:

- Rigidez dieléctrica: debe ser un buen aislante de la corriente eléctrica evitando el paso de corriente a su través proveniente de corrientes vagabundas o de la protección catódica aplicada a la conducción

- Resistencia a impactos y a penetración: tras el proceso de revestimiento de un tubo, éste es sometido a manipulación para su almacenamiento, carga, transporte hasta la obra, descarga, montaje y tapado de zanja. Todas estas acciones habitualmente provocan que el tubo revestido sea sometido a fuerzas de impacto y penetración de cargas, por ello, es importante que el revestimiento tenga una buena resistencia a los mismos para evitar poner en peligro su integridad. Esta característica es importante tenerla en cuenta si el terreno en el que la tubería va a ser enterrada es rocoso, ya que en éste caso será necesario un revestimiento con buenas propiedades de resistencia a impactos y penetración
- Buena adherencia sobre la superficie de acero: es importante que la adherencia sobre el tubo sea muy buena para que el revestimiento ofrezca el efecto barrera que se pretende con él.
- Baja permeabilidad al agua y al oxígeno: un revestimiento permeable provocará que la humedad y el oxígeno penetren hasta la superficie del tubo, siendo un factor desencadenante del proceso de corrosión
- Resistencia a temperaturas ambientales: si el tubo revestido va a ser expuesto a la intemperie previamente a su colocación y enterramiento en zanja, es importante que el revestimiento escogido sea resistente a condiciones de temperatura y humedad ambientales (temperaturas altas en verano, bajas en invierno, lluvia etc.)
- Resistencia a la radiación ultravioleta: al igual que lo comentado para la resistencia a temperaturas ambientales, si el tubo revestido va a estar sometido a la luz ambiental, el material de revestimiento no debe degradarse como consecuencia de la radiación ultravioleta
- Resistencia al desprendimiento catódico: es importante que por efecto de la protección catódica diseñada, el revestimiento no sufra deterioro como consecuencia de la misma
- Elasticidad: un revestimiento con alta elasticidad será capaz de absorber la dilatación que pueda sufrir el acero por efecto de choques térmicos y mecánicos

Revestimiento FBE (Fusion Bonded Epoxy)

Es un revestimiento de epoxi en polvo termoestable, aplicado en polvo electrostáticamente y curada con calor, que en ausencia de solvente genera una película de baja porosidad y permeabilidad. Los espesores de revestimiento normalmente utilizados son entre 200 μm y 400 μm .



Etapas del proceso del revestimiento

- Precalentamiento del tubo: con el fin de eliminar humedad y grasas presentes en el tubo desnudo, los tubos se pasan por una batería de sopletes previa a la etapa de granallado
- Preparación de superficie del tubo (limpieza): el tubo se somete a una limpieza mediante proyección de granalla angular con el fin de limpiar la superficie del acero y conseguir la

rugosidad necesaria para que el revestimiento se adhiera sobre el tubo. El grado de limpieza habitualmente requerido es SA 21/2 según norma ISO 8501

- Calentamiento del tubo: la superficie del tubo debe calentarse hasta una temperatura entre 180 y 220 °C en función del tipo de epoxi (FBE) empleado como primera capa del revestimiento, así como del diámetro del tubo y espesor solicitado. Con el calentamiento del tubo se consigue que el epoxi adquiera el grado de entrecruzamiento necesario y adhiera correctamente sobre la superficie
- Aplicación del epoxi: la aplicación se realiza de manera electrostática, es decir, el epoxi en polvo se hace pasar a través de unas pistolas de pulverización en las que las partículas de polvo son cargadas eléctricamente y depositadas sobre el tubo caliente. El polvo impacta sobre la superficie del tubo, funde y sufre un proceso de curado por entrecruzamiento de las cadenas del polímero
- Enfriamiento del tubo revestido: para conseguir las características finales del revestimiento
- Limpieza de extremos: para dejar libres de revestimiento las bocas y evitar la presencia de revestimiento que pueda interferir en el proceso de soldadura de los tubos en obra

Características del revestimiento

Tiene buena adherencia y resistencia al desprendimiento catódico; sin embargo, presenta los siguientes puntos débiles:

- Baja resistencia al impacto: es un producto frágil, que ante impactos fuertes puede deteriorarse
- Baja resistencia a la radiación UV

En la siguiente tabla se resumen los valores medios obtenidos para un sistema FBE:

PROPIEDAD	UNIDADES	RESULTADO
Espesor de revestimiento	micras	300
Dureza Shore	Shore D	90
Penetración a 30°C	mm	< 0,2
Desprendimiento catódico	mm	< 4
Adherencia	MPa	15-20
Alargamiento a la rotura (%)	%	5
Resistencia eléctrica específica	Ωm^2	10^8
Resistencia al impacto	J	15 J
Rigidez dieléctrica	kV/mm	30

Normas de aplicación

AWWA C213
NACE RP 0394
CSA Z245.20

Evolución del revestimiento

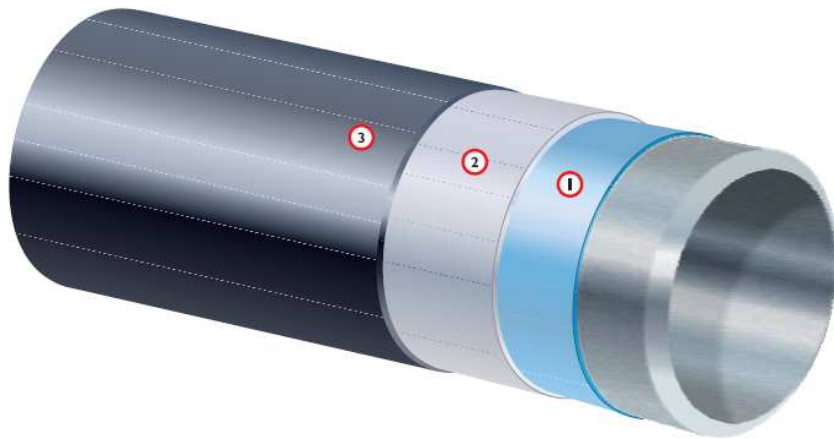
Con el paso del tiempo, se han ido desarrollando nuevos productos para este revestimiento que permiten una mayor temperatura de servicio (>110°C), así como un mejor comportamiento frente al desprendimiento catódico y menor permeabilidad al agua.

Además, en los últimos años se ha introducido una variante que consiste en aplicar dos capas de FBE. La segunda capa de FBE se aplica sobre la primera en su etapa de preentrecruzamiento, consiguiendo una unión química entre ambas. Este revestimiento de FBE “reforzado” permite una temperatura de servicio mayor, así como una mayor resistencia al impacto.

Revestimiento tricapa de polietileno (3LPE)

Como su propio nombre indica, este sistema de revestimiento consta de 3 capas. Como anteriormente se ha comentado, este revestimiento surgió con el objetivo de aumentar la resistencia a las agresiones mecánicas que dañaban el revestimiento con FBE.

La primera de las capas es una resina epoxy en polvo (FBE), seguida de la aplicación de un adhesivo extruído y finalmente una capa de polietileno también extruído.



La capa de epoxy en polvo presenta una gran adherencia al acero y resistencia al desprendimiento catódico.

La capa de adhesivo consiste en un copolímero de etileno que aporta la total unión entre la capa de epoxy y la de polietileno.

El polietileno (última capa) es un termoplástico que aporta las propiedades mecánicas necesarias para resistir daños producidos por impactos, abrasiones, penetración etc.

El FBE aporta excelente adherencia y resistencia al desprendimiento catódico.

La estructura apolar de la poliolefina (PE, PP) le aporta una excelente barrera a la absorción de humedad y un gran aislamiento eléctrico, así como excelente protección frente a daños mecánicos (impacto, abrasión, penetración etc.).

La presencia de aditivos como el negro de carbono en el polietileno le aporta una gran resistencia al envejecimiento por radiación ultravioleta, lo que supone que el tubo no se vea afectado por la exposición a la radiación solar previo a su enterramiento.

Etapas del proceso de revestimiento

Las etapas del proceso coinciden con las descritas para el FBE a la que se suma la extrusión y aplicación de adhesivo y polietileno:

- Precalentamiento del tubo: con el fin de eliminar humedad y grasas presentes en el tubo desnudo, los tubos se pasan por una batería de sopletes previa a la etapa de granallado
- Preparación de superficie del tubo (limpieza): el tubo se somete a una limpieza mediante proyección de granalla angular con el fin de limpiar la superficie del acero y conseguir la rugosidad necesaria para que el revestimiento adhiera sobre el tubo. El grado de limpieza habitualmente requerido es SA 21/2 según norma ISO 8501

- Calentamiento del tubo: la superficie del tubo debe calentarse hasta una temperatura entre 180 y 220 °C en función del tipo de epoxy (FBE) empleado como primera capa del revestimiento, así como del diámetro del tubo y espesor solicitado. Con el calentamiento del tubo se consigue que el epoxy adquiera el grado de entrecruzamiento necesario y adhiera correctamente sobre la superficie
- Aplicación del epoxy: la aplicación se realiza de manera electrostática, es decir, el epoxy en polvo se hace pasar a través de unas pistolas de pulverización en las que las partículas de polvo son cargadas eléctricamente y depositadas sobre el tubo caliente. El polvo impacta sobre la superficie del tubo, funde y sufre un proceso de curado por entrecruzamiento de las cadenas del polímero
- Aplicación del adhesivo: una vez aplicado el epoxy, la lámina de adhesivo extruída se aplica sobre el tubo simultáneamente con la lámina de polietileno, la cual también se obtiene por extrusión
- Enfriamiento con agua: una vez que el tubo ha sido revestido con las tres capas, pasa a través de una sección de enfriamiento con agua. El objetivo de esta etapa es conseguir el endurecimiento del polietileno para que adquiera sus características finales y no sea dañado durante el avance a través de la línea de revestimiento.
- Limpieza de extremos: con el objetivo de dejar los extremos de cada tubo libres de revestimiento para su unión en obra, se procede a realizar un cepillado de los mismos con un sistema de abrasión por cepillos de alambre
- Abocardado: para la unión en obra de los tubos realizamos una conformación de los extremos de los tubos para realizar en obra la junta esférica o la junta enchufe-campana en función de las necesidades del cliente

A modo de resumen, en la siguiente tabla se adjuntan los valores medios obtenidos del revestimiento 3LPE

PROPIEDAD	UNIDADES	RESULTADO
Espesor de revestimiento	micras	3000
Dureza Shore	Shore D	60-70
Temperatura de reblandecimiento Vicat (resistencia al calor)	°C	125
Tiempo de inducción a la oxidación (210°C)	minutos	> 40
Alargamiento a la rotura	%	600
Penetración a 30°C	mm	< 0,1
Desprendimiento catódico	mm	< 4
Peel strenght	N/cm	> 35 (a 23°C) > 30 (a 60°C)
Resistencia eléctrica específica	Ωm^2	> 10^{10}
Resistencia al impacto	J	> 50
Rigidez dieléctrica	kV/mm	> 30

Evolución del revestimiento 3 LPE

Desde los inicios del revestimiento tricapa de polietileno se han producido avances en cuanto al tipo de polietileno empleado para los revestimientos. Se comenzó utilizando Polietileno de Baja Densidad (PEBD o LDPE); sin embargo, se fue reemplazando ese producto por el de Alta Densidad (PEAD o HDPE)

debido a las mejores propiedades mecánicas que presentaba en cuanto a resistencia a impactos, penetraciones etc., así como por la menor permeabilidad y mayor resistencia a temperaturas que el PEBD.

Posteriormente, la tendencia fue hacia la utilización de PEAD bimodales, que presenta unas mejores propiedades mecánicas con una mejor procesabilidad del mismo durante su extrusión. Es el empleo de este tipo de polietilenos el que predomina actualmente en el mercado de revestimiento de tubería.

En continua evolución se encuentran también los adhesivos empleados en el revestimiento, así como el epoxi en polvo. En relación con esto, se han ido desarrollando adhesivos que mejoran la adherencia del revestimiento, así como nuevos epoxi para mayores temperaturas de servicio.

También como una evolución de este tipo de revestimientos, se puede considerar la introducción en el mercado del sistema tricapa de polipropileno (3LPP). Las dos primeras capas coinciden con las del revestimiento 3LPE, pero se sustituye el polietileno por el polipropileno. Este material tiene resistencia a mayores temperaturas y mayor resistencia a la penetración.

Poliuretano

El poliuretano es un revestimiento orgánico obtenido por la reacción de grupos isocianato (NCO) y alcoholes (OH). Los poliuretanos empleados son clasificados como rígidos, de tipo V según el estándar ASTM D16. En función de la formulación del producto, se puede conseguir un rango de productos de mayor o menor elasticidad y dureza.

Este revestimiento exterior consiste en una capa de poliuretano de espesor variable (habitualmente entre 800 y 1000 micras). La naturaleza química de la reacción de polimerización que da lugar al revestimiento de poliuretano es de naturaleza exotérmica, dando lugar a productos de muy rápido secado.

Etapas del proceso de revestimiento

Las etapas del proceso previas al revestimiento propiamente dicho coinciden con las comentadas para los revestimientos anteriores (precalentamiento y preparación de superficie). La diferencia es que no se requiere el calentamiento del tubo hasta 180°C y la aplicación es una única capa de proyección de poliuretano.

- Precalentamiento del tubo: con el fin de eliminar humedad y grasas presentes en el tubo desnudo, los tubos se pasan por una batería de sopletes previa a la etapa de granallado
- Preparación de superficie del tubo (limpieza): el tubo se somete a una limpieza mediante proyección de granalla angular con el fin de limpiar la superficie del acero y conseguir la rugosidad necesaria para que el revestimiento adhiera sobre el tubo. El grado de limpieza habitualmente requerido es SA 21/2 según norma ISO 8501
- Aplicación del poliuretano: mediante un equipo de aplicación air-less, se aplica el poliuretano sobre la superficie del tubo
- Limpieza de extremos: el objetivo es dejar las bocas de los tubos libres de revestimiento
- Abocardado: para la unión en obra de los tubos realizamos una conformación de los extremos de los tubos para realizar en obra la junta esférica o la junta enchufe-campana en función de las necesidades del cliente

Características del revestimiento

El poliuretano tiene una buena adherencia sobre el acero, sin embargo tiene como desventaja su fragilidad ante impactos ya que es un producto con una dureza elevada y de baja elasticidad.

Una debilidad que presenta el poliuretano es que la naturaleza química de los isocianatos empleados en su formulación (aromáticos) presentan una importante sensibilidad a los rayos ultravioleta de la radiación solar. Esta característica hace que los tubos revestidos no deban mantenerse expuestos a la intemperie durante periodos prolongados, para evitar la pérdida de características del mismo. En otras aplicaciones en las que la estética juega un papel importante (por ejemplo, automoción), se emplean poliuretanos con isocianatos alifáticos cuya naturaleza los hace más resistentes a la radiación solar. Sin embargo, su precio

también es superior a los empleados para el revestimiento de tubería y no compensan, teniendo en cuenta que el fin del tubo revestido es enterrarlo y no tiene valor estético.

Tabla resumen de los valores medios del revestimiento de poliuretano

PROPIEDAD	UNIDADES	RESULTADO
Espesor de revestimiento	micras	1000
Dureza Shore	Shore D	70-80
Alargamiento a la rotura	%	10
Penetración a 30°C	mm	0,1
Desprendimiento catódico	mm	< 5
Adherencia	MPa	15-20
Resistencia eléctrica específica	Ωm^2	10^7
Resistencia al impacto	J	18 J
Rigidez dieléctrica	kV/mm	20

Revestimiento interior

Para proteger la superficie interior de la tubería y favorecer el transporte del fluido a través de la conducción, se emplean principalmente pinturas epoxi tanto en el sector gasista como hidráulico. Actualmente, el sector hidráulico también está incorporando revestimiento de poliuretano en el interior de la tubería.

Si la conducción es para el transporte de agua potable, el revestimiento a aplicar debe cumplir con las exigencias sanitarias marcadas por la legislación para los productos en contacto con agua potable, siendo de aplicación el RD 140/2003 y el RD 866/2008.

El espesor de pintura aplicable para los gasoductos es habitualmente de 60 micras, mientras que para las conducciones de agua se suelen emplear entre 200 y 400 micras en función de lo especificado por el cliente.

En el caso de los revestimientos de poliuretano 100% sólidos, al tener un pot-life más corto que las epoxy 100% sólidos, tienen un tiempo de humectación del sustrato mucho menor. Esto se traduce en que la posibilidad de fallos de adherencia de este tipo de revestimiento frente a la epoxy sea mayor. Esta “debilidad” implica la necesidad de crear un perfil de rugosidad de superficie previa al pintado superior a las epoxy. Otra problema potencial de los poliuretanos para revestimientos en contacto con agua potable es que si existe una pequeña descompensación entre la mezcla de los componentes que forman el producto puedan dar lugar a la presencia de isocianatos libres potencialmente peligrosos para la salud.

Etapas del proceso de revestimiento

Tanto para el revestimiento con poliuretanos como con epoxys, las etapas consisten en la limpieza de superficie (granallado) y aplicación del producto escogido. En función del tipo de revestimiento escogido, las normas de revestimiento más comúnmente empleadas son la AWWA C210 para la epoxy y la AWWA C222 para el poliuretano.

Control de los revestimientos en fábrica

Para garantizar la calidad de los revestimientos realizados en SERT y siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa internacional aplicable a cada revestimiento, en SERT se llevan a cabo numerosos controles tanto sobre las materias primas como sobre el revestimiento aplicado.

Las materias primas empleadas para los diferentes revestimientos son cuidadosamente seleccionadas entre las disponibles en el mercado. Para ello, SERT exige a sus proveedores el cumplimiento y certificación de diferentes propiedades para asegurar un revestimiento de calidad que satisfaga las necesidades de nuestros clientes. Además, todos los productos empleados en el revestimiento pasan previamente por un exigente procedimiento de homologación interno. Este procedimiento de homologación tiene el objetivo de asegurar que en ningún momento se va a ver comprometida la calidad del revestimiento por causas imputables a la calidad de una materia prima.

En la etapa de recepción de materias primas, éstas se someten a controles internos en SERT para asegurar el cumplimiento de nuestras especificaciones de compra en cuanto a requisitos físico-químicos.

Durante el proceso de revestimiento, se realizan diversos autocontroles a lo largo de las diversas etapas. A modo de ejemplo, estos controles son:

- Control del grado de limpieza de la tubería desnuda tras el granallado
- Rugosidad de la superficie granallada
- Control de condiciones ambientales en la zona de revestimiento
- Control de parámetros de aplicación del revestimiento (temperatura del tubo, condiciones de aplicación del revestimiento etc.)
- Control de continuidad del revestimiento
- Control visual del tubo revestido

Además de los controles realizados durante la fabricación, nuestro Departamento de Calidad realiza todos los ensayos requeridos a la tubería revestida asegurándonos así del cumplimiento de la normativa de aplicación. Entre estos ensayos, se encuentran los siguientes:

- Adherencia
- Detección de discontinuidades (holiday detector)
- Resistencia a impacto
- Alargamiento a la rotura
- Resistencia a la penetración
- Desprendimiento catódico
- Envejecimiento térmico
- Resistencia a radiación ultravioleta

Proyectos Realizados

PROYECTO	OBRA	PROPIEDAD	DIAMETRO(mm)	LONGITUD (M)	CALIDAD ACERO	ABORCADADO	REV.EXT	REV.INTERIOR	NORMA FABRICACIÓN
Canal de Loaysa	Abastecimiento Regadío a los pueblos de la Vega y Granada	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	1626 x 12,7	7.600	X-70	Interior a solape (abocardado)	Hormigonado	300 µm Epoxi alimentaria	DIN 1626 h2/65
Sifón del Pardo	Margen Derecha	Canal Isabel II	1321 x 9 1321 x 10 1321 x 12,7	3.200	X-42 X-52 X-70	Interior a solape (abocardado)	Desnudo (Hormigonado)	400 µm Epoxi aliment.	API 5L/95
Riegos Adra	Adra (Almería)	Confederación Hidrográfica del Sur	355 x 4 610 x 5,6	19.200	ST/37.2	Exterior Abocardado	P.E.L.D.	200 µm Epoxi aliment.a	DIN 1626 h2/65
Aprovechamiento Recursos Hidráulicos, Sierra Tramontana	Tunel del Soller	M.O.P.T.M.A. Consejería Obras Públicas Gobierno Balear	1219 x 12,7	3.260	X-70	Interior	P.E.L.D.	200 µm Epoxi aliment.	DIN 1626 h2/65
Cuñado + Phocenne Central Hidroeléctrica	Repsol (Tarragona)	Repsol	559-1656 x (7,1-10)	4.000	X-60	Tope	Pintura (Brea-epoxi)	Desnudo	API 5L/95
Interconexión Jarama-Lozoya Alberche-Guadarrama	Caldas de Manteiga (Portugal)	A.B.B.	1118 x (8-16)	3.517	X-65	Tope	P.E.L.D.	Pintura Epoxi	API 5L/95
	Jarama-Lozoya	Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Tajo	711-1524 x (8-10-9,5-12)	12.182	ST/52.3 A/410B ó superior	Abocardado	Desnudo (Hormigonado)	Pintura 400 µm	DIN 1626 h2/65
Sifón de Pardo	Refuerzo Margen Izquierda y arteria impulsión pozos Fuencarral	Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Tajo	965-1321 x (8-9-10-11-9,5-12)	15.206	A/410B	Abocardado	Desnudo	Pintura	DIN 1626 h2/65
Abastecimiento a Vigo	Abastecimiento a Vigo (Fomento)	Aguas de Vigo	1500 x 7-8	11.000 aérea 7.000 enterrada	A/410B	Tope	Pintura 200 µm	Pintura 200 µm	DIN 1626 h2/65
Picadas	Conducción Agua Picadas-Valmojado	Confederación Hidrográfica del Tajo	711 - 1219 (12,7/)	5.400	A/410B - X-70	Abocardado Sol. interior	P.E.B.D.	Pintura 300 µm	DIN 1626 h2/65
Carrajo	Central Hidroeléctrica	----	1321 - 1524	2.300	X-42	Tope	Galvanizado	Galvanizado	DIN 1626 h2/65

PROYECTO	OBRA	PROPIEDAD	DIAMETRO(mm)	LONGITUD (M)	CALIDAD ACERO	ABORCADADO	REV.EXT	REV.INTERIOR	NORMA FABRICACIÓN
	REQUEIXO (Orense)								
Oleoducto Cartagena-Puertollano	Oleoducto	REPSOL	559 x (7,1-7,9-8,7-9,5-10,3-11,1)	364.360	X-60	Tope	P.E.B.D.	Desnudo	API + E
GME Argelia	Gasoducto	SONATRACH	1219 x 12,7	180.000	X-70	Tope	P.E.B.D.	Pintura	API + E
Ruta de la Plata	Gasoducto	ENAGAS	660 x 7,9	267.362	X-60	Tope	P.E.B.D.	Pintura	API + E
Valencia-Alicante	Gasoducto	ENAGAS	660 x (7,1-7,9-9,5-11,1)	95.500	X-70	Tope	P.E.B.D.	Pintura	API + E
Bardenas Sector XIII	Regadio		813 - 1016 x 12,7	10.500	A/410B - X-70	Abocardado Sol. interior	P.E.B.D.	Pintura 300 µm	DIN 1626 h2/65
Navalón UTE	Conducción Júcar Vinalopo Tramo IV "Navalón"	Aguas del Júcar	1930 x (11,1-11,9-12,7-14,3)	12.669	S 275 JR S 355 J2G4 X-70 API GR.B	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE Garrigues Sud	Etapa IV Garrigues Sud Captación y 1ª Fase de la Red de Riegos	REGSA	1016 x 10,3	2.660	X-70	Biselado	PP	Pintura	API 5L/95
UTE RioGuadalope	Margen Derecha Rio Guadalope	SIRASA	1422 x 12 1219 x 10	8.392	L-485 MB	Abocardado Soldadura interior	PE	400µ	DIN 1626 H2/65
UTE Riegos de la Noguera	Alguerri Balaguer Sector B 1ª Fase	REGSA	1016 x 7,9 1219 x 8,5 1219 x 9,5	16.805	X-60	Biselados	PP	300 µm	API 5L/95
ACS/FERROVIAL/ FCC/SACYR	Conexión Negratín-Almanzora	ACUSUR	914 x 8 1016 x 8 1219 x 8	120.000	API GR.B	Abocardado Soldadura interior	P.E.	250 µm	DIN 1626 H2/65
SACYR	Zona Regable del Guadalquivir	Comunidad de Regantes	1219 x 7,1 1321 x (7,9-9,5-11,1-14,3-11,9) 1422	13.355	S 275 JR X-70	Abocardado Soldadura interior	PE	250 µm	DIN 1626 H2/65
SACYR	Azarquia	Comunidad de Regantes	711 x 5,6 813 x 6,4 813 x 7,5	2.331	X-70	Abocardado Soldadura interior	PE	300 µm	DIN 1626 H2/65
La Font UTE	Conducción Júcar Vinalopo Tramo V "La Font de Figuera"	Aguas del Júcar	1219 x 9,5	9.542,25	S 275 JR S 355 J2G4 X-70	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65

PROYECTO	OBRA	PROPIEDAD	DIAMETRO(mm)	LONGITUD (M)	CALIDAD AGERO	ABORCADADO	REV.EXT	REV.INTERIOR	NORMA FABRICACIÓN
COPSESA Empresa Mixta Metropolitana	(Consejería Medio AGUAS DE VALENCIA	Camargo (Autovía del Agua A-7 Nudo Ademiz - Paterna (Valencia)	1219x8,7 1016x11,9 1118x11,9	8.000 700	S275 S275	Sold. Int. Abocardado Sold. Int. Abocardado esférico	P.E. P.E. PU	300 µ Pintura 300 µ Pintura	API 5L/95 API 5L/95
Boru Spain - Befesa	Consorcio de Aguas de Ecija	Ecija (Sevilla) CONDICIONES DERIVADAS DE LA PRESA DE RUILES	914x8, 1219x8	33.000	S235	Sold. Int. Abocardado	P.E.	300 µ Pintura	DIN 1626 h2/65
FERROVIAL	EGMASA - CONF. SUR		1219x8-1829x12	2.430	X42	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	API 5L/95
CYOPSA	HIDROGUADIAN A	ABAST. CIUDAD REAL	1016x6,3	11.000	S275-S355- X70	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE JUCAR VINALOPO TRAMO D(FCC-PAVASAL)	MMARM - AGUAS DEL JÚCAR	LLANERA DE RANES (VALENCIA)	1829(11,1-12,7)	18.310	S235	Sold. Int. Abocardado	P.E.	300 µ Pintura	DIN 1626 h2/65
UTE Balsa Llano del Camino (Sacyr, Arpo, Meridional)	Confederación C.H. Guadalquivier	Jaen	1.219x11	4.100	L290	Sold. Int. Abocardado	P.P.	Pintura 300 µ	API 5L/95
COPCISA	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 3 - Tàrraga (LLEIDA)	1.524	6.150	L290	Sold. Int. Abocardado	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95
FCC	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 4.2 - Tàrraga (LLEIDA)	1.524	250	L290	Sold. Int. Abocardado	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95
TRAGSA	MMARM DEL SEGARRA GARRIGUES	Cogolludo (GUADALAJARA)	1.016	2.120	S275-S355	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
ACSA	MANCOMUNIDAD CANALES DEL TAIBILLA	Sector 13-Tàrraga (LLEIDA)	1016-1626	9.800	L290	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95
GRUPO GENERALA	MANCOMUNIDAD CANALES DEL TAIBILLA	CANAL DE ULEA (MURCIA)	1.016	1.040	X42	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 300 µ	API 5L/95
ARPO	MANCOMUNIDAD CANALES DEL TAIBILLA	CANAL DE ULEA (MURCIA)	1.219	1.050	X42	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 300 µ	API 5L/95
UTE RIEGOS DEL VIAR (DRAGADOS- MERIDIONAL)	C.R. VIAR (SEVILLA)	Burguillos (Sevilla)	406x5-711x5-914x7- 1422x10-1524x11- 1626x11-1930x13- 2032x14	15.600	S235	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
CEINSA	CONF. H. DE GUADIANA	ZONA REGABLE DEL ZUJAR (BADAJOZ)	813	2.300		Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65

PROYECTO	OBRA	PROPIEDAD	DIAMETRO(mm)	LONGITUD (M)	CALIDAD ACERO	ABORGADADO	REV/EXT	REV/INTERIOR	NORMA FABRICACIÓN
ELECNOR	DES EAUX	(ARGELIA)	2032x11,9	3.520		Sold. Int.		300 µ	
ARPO (DESALADORA)	MANCOMUNIDAD DEL TAIBILLA	CONDUCCION Y DEPOSITO EN SAN PEDRO DEL PINATAR (MURCIA)	1118	8.000		Abocardado	P.E.	Pintura	DIN 1626 h2/65
PLODER (DESALADORA)	MANCOMUNIDAD DEL TAIBILLA	CANAL DEL MAR MENOR (MURCIA)	914x7,1 - 1016x7,9 1118x8,7	40.240	X60	Abocardado	P.E.	Pintura	DIN 1626 h2/65
SACYR	CONF. H. DEL GUADALQUIVIR	TOMA DE EMERGENCIA IZNAJAR (CORDOBA)	914x17,5	400	X70	Biselado-Soldadura a tope	BREA	Pintura	API 5L/95
FERROVIAL (DESALADORA)	MANCOMUNIDAD DEL TAIBILLA	CONEXION DESALADORA CON CANAL DE CARTAGENA	1016 - 1118	26.805		Abocardado	P.E.	Pintura	DIN 1626 h2/65
UTE GUADALPIN (SUFL-SOGEOSA-PTOCSA)	ACOSOL	ABASTECIMIENTO COSTA DEL SOL RAMAL ESTE MARBELLA (MALAGA)	1524x10	2.300	S275	Sold. Int.	P.E.	300 µ	
UTE Lleida G4	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 4.1 - Les Pallargues	813, 1219, 1422	5.080	L290	Abocardado	P.P.	Pintura	API 5L/95
UTE Balsa Llano del Camino (Sacyr, Arpo, Meridional)	Confederación C.H. Guadalquivir					Sold. Int.		400 µ	
COPCISA	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 3 - Tàrrrega (LLEIDA)	1.524	6.150	L290	Abocardado	P.P.	Pintura	API 5L/95
FCC	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 4.2 - Tàrrrega (LLEIDA)	1.524	250	L290	Abocardado	P.P.	Pintura	API 5L/95
TRAGSA	MMARM	Cogolludo (GUADALAJARA)	1.016	2.120	S275-S355	Sold. Int.		400 µ	
ACSA	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 13 - Tàrrrega (LLEIDA)	1016-1626	9.800	L290	Abocardado	P.P.	Pintura	API 5L/95
GRUPO GENERALA	MANCOMUNIDAD CANALES DEL TAIBILLA	CANAL DE ULEA (MURCIA)	1.016	1.040	X42	Sold. Int.		400 µ	
ARPO	MANCOMUNIDAD CANALES DEL TAIBILLA	CANAL DE ULEA (MURCIA)	1.219	1.050	X42	Abocardado	P.P.	Pintura	API 5L/95
UTE RIEGOS DEL VIAR (DRAGADOS-MERIDIONAL)	C.R. VIAR (SEVILLA)	Burguillos (Sevilla)	406x5-711x5-914x7-1422x10-1524x11-1626x11-1930x13-2032x14	15.600	S235	Sold. Int.		300 µ	

PROYECTO	OBRA	PROPIEDAD	DIAMETRO(mm)	LONGITUD (M)	CALIDAD ACERO	ABORGADADO	REV/EXT	REV/INTERIOR	NORMA FABRICACIÓN
CEINSA	CONF.H. DE GUADIANA	ZONA REGABLE DEL ZÚJAR (BADAJOS)	813	2.300		Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE RIEGOS MARISMAS	C.R. MARISMAS DEL GUADALQUIVIR	Los Palacios y Villafranca (SEVILLA)	1219-2032	9.120	S275	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
CYOPSA UTE	HIDROGUADIAN A	ABAST. CIUDAD REAL	1016x6,3	11.000	X42	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	API 5L/95
ABASTECIMIENTO ARANJUEZ	CANAL ISABEL II	ABASTECIMIENTO A ARANJUEZ (MADRID)	1219x12	21.577	S275	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 400 µ	DIN 1626 h2/65
ABASTECIMIENTO A CACERES (SANDO-BEFESA) UTE	CONFEDERACION DEL TAJO	ABASTECIMIENTO A CACERES (1ª fase)	1118x8	9.500	S275	Sold. Int.	P.E.	300 µ	DIN 1626 h2/65
ABASTECIMIENTO ARANJUEZ	CANAL ISABEL II	ABASTECIMIENTO A ARANJUEZ (MADRID) - II FASE	1219x12	2.250	355	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 400 µ	DIN 1626 h2/65
UTE JUCAR VINALOPO TRAMO A (DRAGADOS-CLEOP)	MMARM - AGUAS DEL JUCAR	CULLERA (VALENCIA)	1829x(8,7-9,5-10,3)	1.910	S355	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE JUCAR VINALOPO TRAMO B (OHL-LOS SERRANOS-OCIDE)	MMARM - AGUAS DEL JUCAR	ALZIRA (VALENCIA)	1930x11,1	1.580		Sold. Int.	P.E.	300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE JUCAR VINALOPO TRAMO C (ROMYMAR-VIAS)	MMARM - AGUAS DEL JUCAR	XÀTIVA (VALENCIA)	1930x(11,1-12,7)	8.000	S275	Abocardado Sold. Int.	P.E.	Pintura 300 µ	DIN 1626 h2/65
UTE GARRIGUES 5B (ACCIONA-MJ GRUAS)	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 5B - Farrrega (LLEIDA)	914	4.680	L290	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95
UTE GARRIGUES 5A (DRAGADOS-BENITO ARNÓ)	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 5A - Farrrega (LLEIDA)	914	2.840	L290	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95
UTE GRUP LLEIDA (B-ARNO-ROMERO POLO-M I J GRUAS-ARIDOS ROMA-CONST. CALAF)	REGSEGA-AIGÜES DEL SEGARRA GARRIGUES	Sector 12 IMP. 3 Y 4 SARROCA DE LLEIDA	1.524	4.600	L290	Abocardado Sold. Int.	P.P.	Pintura 400 µ	API 5L/95