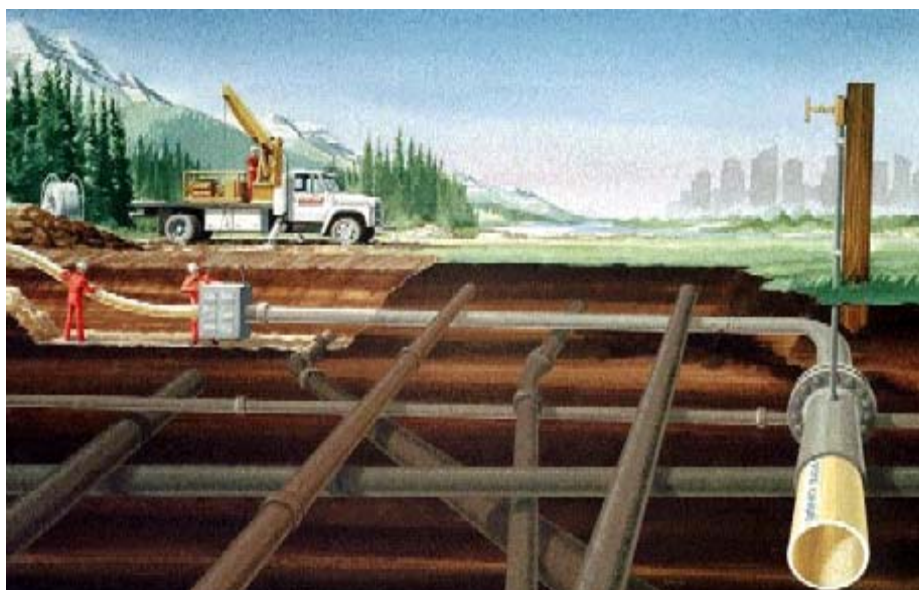




UNITED PIPELINE DE MEXICO



**MANUAL TÉCNICO-COMERCIAL
DEL SISTEMA DE ENCAMISADO TITE-LINER
PARA LA PROTECCION ANTICORROSIVA Y ANTIABRASIVA
DE DUCTOS DE ACERO PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS
PETROLEROS Y MINEROS**

INTRODUCCION

En el mundo de los ductos, la corrosión y abrasión interior del acero representa un problema difícil y costoso de resolver, ocasionando fugas y cuantiosos daños a instalaciones y a la ecología. United Pipeline Systems, empresa subsidiaria de Insituform Technologies, Inc., líder mundial en el desarrollo de tecnologías para ductos, diseñó el sistema TITE-LINER que viene a resolver los principales problemas de corrosión interna que aquejan a operadores de ductos alrededor del mundo. El sistema TITE-LINER que se basa en un encamisado termoplástico que ofrece una solución eficaz, económica y permanente al problema de la corrosión y abrasión interior. Este novedoso sistema utiliza una camisa termoplástica la cual es químicamente inerte a la mayoría de productos corrosivos que se manejan en la industria petrolera y minera. El sistema se instala in-situ a ductos de acero nuevos o existentes lo cual elimina excavaciones, problemas de derecho de paso, afectaciones a predios y al derecho de vía. El sistema TITE-LINER ofrece una barrera lisa, hermética y permanente entre el acero y el medio corrosivo o abrasivo. Adicionalmente, el sistema TITE-LINER garantiza una protección anticorrosiva confiable y permanente a través de puntos de monitoreo con los cuales se certifica, en todo momento, la integridad del encamisado y la protección que este le da al acero.

El costo del sistema, su rápida aplicación, y sus excelentes características físicas y químicas hacen del TITE-LINER la mejor opción para resolver el problema de la corrosión y abrasión interior en ductos de acero.

1. TIPO DE INSTALACIONES

La corrosión y abrasión interna a causa del ácido sulfhídrico (H_2S), agua congénita, CO_2 , salmuera, minerales en pulpa, ácidos y otros productos químicos representa un serio problema el cual puede implicar gastos continuos, fugas y cuantiosos daños. Sin embargo, con el sistema TITE-LINER, se puede detener, de manera permanente, segura y económica, la corrosión, abrasión y deterioro de tuberías que transportan líquidos, gases y emulsiones altamente corrosivos. Adicionalmente, el sistema TITE-LINER - un encamisado a base de resinas termoplásticas - ofrece una solución extremadamente económica en comparación a otras alternativas como tuberías flexibles en el caso de ductos nuevos, y es sustancialmente más económico que reponer un ducto existente en el caso de rehabilitaciones, aparte de que abarca un amplio rango de diámetros que abarca ductos de 2 hasta 54 pulgadas de diámetro nominal.

Dadas las características físico químicas del encamisado, el cual soporta un gran número de productos corrosivos y abrasivos, el sistema TITE-LINER se presta para diversas aplicaciones. Este sistema fue diseñado para proteger líneas de acero al carbón contra el ataque corrosivo y abrasivo de químicos como el crudo amargo, gas amargo, agua salada, agua congénita, productos petroquímicos y emulsiones así como para aplicaciones mineras donde se manejan pulpas minerales y de jales altamente abrasivos así como ácidos y químicos utilizados en la refinación de minerales. Una vez instalado, el sistema, se crea una estructura compuesta donde el acero contiene la presión y el encamisado protege al acero contra la corrosión y abrasión interior.

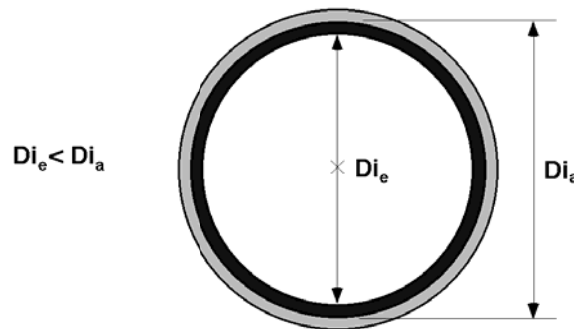
2. CARACTERISITICAS FISICAS DEL MATERIAL

El sistema de encamisado TITE-LINER se fabrica en base a dos diferentes tipos de resinas termoplásticas dependiendo la aplicación y temperatura. Para aplicaciones mineras y petroleras comunes, se utiliza una resina especial de polietileno de alta densidad y alto peso molecular (PAD) pre-pigmentada y fabricada por proveedores certificados y autorizados por United Pipeline Systems el cual exhibe excelentes características mecánicas y es químicamente inerte - no se degrada, corroe u oxida. En el caso

de instalaciones a temperaturas superiores o en aplicaciones donde el sistema TITE-LINER estará en contacto con derivados del petróleo como gasolina, diesel o turbosina que degradan al polietileno, el sistema TITE-LINER se fabrica en base a resinas de poliamidas PA-12 las cuales exhiben el mismo comportamiento anticorrosivo y anti abrasivo del polietileno, pero a temperaturas de hasta 110 grados centígrados y siendo resistente a un gran número de productos derivados del petróleo como lo son las gasolinas, lubricantes y grasas. En ambos casos, el encamisado no pierde espesor de pared a causa del ataque químico, dieléctrico o biológico de diferentes productos y evita el crecimiento o acumulación de residuos, bacterias, algas y escamas, asegurando características de flujo constantes a lo largo de la vida del ducto.

Una vez instalado el sistema, el encamisado reduce el diámetro interior del ducto en un 2 a un 10% dependiendo del diámetro y espesor de la línea de acero y polietileno. Sin embargo, el gasto de transporte de la línea permanece igual o incrementa dado que el coeficiente de fricción del acero es mucho mayor al del PAD o PA-12. El efecto que el sistema pudiera tener en el gasto de transporte depende del diámetro y del grado de deterioro en la superficie del acero. Los factores "C" (inversamente proporcionales al coeficiente de fricción) utilizados en la ecuación Hazen-Williams para flujo en líneas de acero, del encamisado termoplástico y de acero desgastado son los siguientes:

- Encamisado de polietileno o poliamida = 155
- Acero nuevo = 130
- Acero con rugosidad y deterioro moderado = 90



El sistema de encamisado reduce el diámetro interior del ducto pero no reduce su gasto de transporte al tener un coeficiente de fricción mucho menor al del acero.

Por otro lado, las características del polietileno, permiten que el sistema TITE-LINER mantenga sus propiedades a través del tiempo sin presentar un deterioro progresivo en el gasto de transporte como ocurre con ductos de acero convencional por corrosión, acumulación de residuos o abrasión.

3. ESPECIFICACIONES Y LÍMITES OPERATIVOS – USO PETROLERO & MINERO

Como todo producto, el sistema TITE-LINER está diseñado para operar dentro de ciertos rangos de presión, temperatura y resistencia química y abrasiva. El sistema TITE-LINER utilizando tubería de polietileno de alta densidad soporta cierto número de productos químicos y no todos los productos son apropiados para su aplicación. El TITE-LINER en base a PAD es ideal para

ductos de producción de petróleo, gas y manejo de agua congénita a temperaturas de hasta 85°C, ofreciendo una excelente opción dado su bajo costo, sus excelentes características físico-químicas y su resistencia a la corrosión y abrasión, por lo que lo hace el sistema ideal para líneas de descarga y ductos que manejan crudo y gas amargo o hidratado así como para sistemas de manejo de agua congénita.

En líneas que manejan productos refinados, el sistema TITE-LINER utiliza un encamisado a base de resinas de poliamida tipo PA-12 el cual es adecuado para manejar productos refinados y derivados del petróleo como lo son gasolinas, aceites y lubricantes, así como productos petroquímicos que normalmente afectan al PAD. Adicionalmente, el sistema TITE-LINER en base a resinas de PA-12, permite manejar productos corrosivos y/o abrasivos a temperaturas de hasta 110°C dando a los operadores de ductos gran versatilidad y seguridad en la protección interior de ductos.

3.1 USO PETROLERO - RESISTENCIA QUIMICA

TITE-LINER con Polietileno de Alta Densidad (PAD)

En la industria petrolera el sistema de encamisado a base de PAD ha sido utilizado principalmente para proteger líneas que contienen ácido sulfhídrico (crudo y gas amargo), CO₂, emulsiones y agua salada. La tabla 1 detalla las aplicaciones que con más frecuencia presentan problemas de corrosión y abrasión que pueden ser solucionados con el sistema TITE-LINER a base de PAD. Generalmente, las líneas de producción de crudo, gas y manejo de agua congénita en la industria petrolera son aplicaciones idóneas para el sistema TITE-LINER a base de PAD ya que protege los ductos de acero de forma permanente a pesar de que estos manejen productos altamente agresivos.

TITE-LINER con PA-12

En la industria petrolera, cuando el manejo de productos corrosivos o abrasivos implica condiciones operativas en temperaturas de hasta 110°C, al igual que el manejo de productos petroquímicos o derivados del petróleo que normalmente afectarían al PAD, el sistema TITE-LINER puede ser fabricado en base a resinas de poliamida PA-12. La poliamida PA-12, las mismas características termoplásticas y físicas del polietileno aunado a una excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 110°C) y resistencia química incluyendo productos refinados del petróleo como lo son gasolinas, diesel, turbosina, lubricantes y grasas de todo tipo.

3.2 USO MINERO - RESISTENCIA QUIMICA

En la industria minera, donde el manejo de ácidos, químicos y slurries (pulpas) presentan un reto importante para el control de abrasión y corrosión en ductos de acero, el sistema Tite Liner ofrece una excelente y económica alternativa a líneas de acero inoxidable o líneas con revestimientos de caucho. Durante las últimas dos décadas, el sistema TITE-LINER ha sido utilizado con mucho éxito en operaciones mineras de cobre, hierro, y otros minerales en los principales mercados mineros del mundo como Chile, Estados Unidos, Canadá y Argentina. En general el uso del sistema Tite Liner aplica para los siguientes usos mineras:

- Transporte de productos abrasivos:
 - Líneas de Concentrado o Pulpa (Concentrate slurry pipelines)
 - Líneas de Jales (Tailings pipelines)

- Transporte de productos corrosivos:
 - Líneas de concentrado (Slurry concentrate)
 - Líneas de jales (Tailings pipelines)
 - Líneas de ácido para refinación o lixiviación (Acid & Acid Leach Lines)
 - Líneas de ácido diluido para inyección en pilas de lixiviación (Raffinate Pipelines)
 - Líneas de ácido enriquecido (PLS pipelines)
 - Líneas de agua de proceso

3.3 TABLA DE RESISTENCIA QUÍMICA GENERAL - SISTEMA TITE-LINER

Productos	Concentración	PAD	PA-12
Crudo Amargo	Saturado	60°C	110°C
Amoniaco Gaseoso	100%	60°C	110°C
Amoniaco Líquido	100%	60°C	110°C
Cloruro de Amonio	Saturado	60°C	110°C
Gas Natural amargo o dulce	Saturado	60°C	110°C
Salmuera	Saturado	80°C	110°C
Bióxido de Carbono	seco-100%	60°C	110°C
Bióxido de Carbono	Mojado	60°C	110°C
Gas Coque	Saturado	60°C	110°C
Etano	Saturado	60°C	110°C
Gasolina	Saturado	N/A	110°C
Diesel	Saturado	N/A	110°C
Turbosina	Saturado	N/A	110°C
Acido Clorhídrico Diluido	10 a 30%	60°C	110°C
Acido Clorhídrico Concentrado	100%	60°C	110°C
Acido Fluorhídrico Diluido	30 a 50%	60°C	110°C
Acido Fluorhídrico Concentrado	100%	60°C	110°C
Hidrógeno	Gas	60°C	110°C
Acido Sulfhídrico Seco	Seco	60°C	110°C
Acido Sulfhídrico Diluido	10%	60°C	110°C
Metano	Saturado	60°C	110°C
Metanol	Saturado	60°C	110°C
Aceite para Motores	Saturado	60°C	110°C
Nafta	Saturado	30°C	110°C
Nitrógeno N2	100%	60°C	110°C
Isobutano IC4	Saturado	60°C	110°C
Butano C4	Saturado	60°C	110°C
Neopentano NEOC5	Saturado	60°C	110°C
Isopentano IC5	Saturado	60°C	110°C
Pentano C5	Saturado	60°C	110°C
Hexanos	Saturado	60°C	110°C
Acido Nítrico	10 a 30 %	60°C	110°C
Oxígeno	Saturado	60°C	110°C
Parafina	Saturado	60°C	110°C
Propano	Saturado	60°C	110°C
Tolueno	Saturado	N/A	110°C
Agua Dulce o Salada	Saturado	82°C	80°C

Tabla 1 - Productos químicos que han sido manejados satisfactoriamente por el sistema Tite-Liner de protección anticorrosiva interior a base de un encamisado de polietileno de alta densidad y alto peso molecular. Nota esta lista no es exhaustiva. La resistencia química completa de los termoplásticos utilizados para el sistema Tite Liner puede ser suministrado por United Pipeline Systems por separado o se puede realizar una consulta específica para el uso específico del cliente final.

3.5 RANGO DE PRESIONES Y TEMPERATURAS

En la instalación de un encamisado termoplástico, la presión máxima de operación la determina el ducto de acero ya que el sistema TITE-LINER ofrece únicamente una barrera entre el acero y el medio corrosivo. Actualmente, el sistema TITE-LINER esta trabajando en ductos que operan a presiones de hasta 15,000 psi en instalaciones mineras, y 4,000 psi en instalaciones petroleras.

Por otro lado, dependiendo del producto a transportar, el encamisado puede soportar temperaturas internas de operación de hasta 82°C con PAD y de hasta 110°C con PA-12. Para determinar si el sistema puede ser utilizado en una instalación específica, debe consultarse a United Pipeline Systems para verificar el adecuado desempeño del sistema a la temperatura de diseño.

Actualmente, United Pipeline Systems ha empezado a desarrollar un sistema para temperaturas elevadas el cual ha sido exitosamente instalado en diversas líneas de alta temperatura. Este nuevo sistema utiliza un novedoso material plástico que soporta temperaturas internas de operación de hasta 110°C y exhibe características similares a las del polietileno. Para mayor información, contacte a United y con gusto le podemos brindar mayor información.

3.6 LONGITUD DE TRAMOS DE INSTALACION

La distancia de los tramos de encamisado varia de 20 a 1,000 metros dependiendo de la tensión y resistencia mecánica específica del material por instalarse. Las secciones posteriormente se interconectan entre si para formar un sistema de transporte que puede ser de varios cientos de kilómetros. En ciertos casos, el sistema puede ser instalado en líneas de hasta 1,600 metros de largo (entre secciones) cuando se trata de tramos rectos en ciertos diámetros y United ha empezado a desarrollar nuevas técnicas en las que posiblemente se puedan hacer secciones de varios kilómetros a la vez. La distancia entre jalones se calcula utilizando la resistencia mecánica del material de manera que la tensión máxima de instalación este dentro de la curva elástica del material. En general, la tensión de instalación varia de acuerdo a las siguientes variables:

- a) La fricción entre el acero y el encamisado (determinado por la rugosidad del acero y el encamisado).
- b) El peso del encamisado por metro.
- c) El área de contacto entre el tubo de acero y el encamisado (determinado por el diámetro exterior del encamisado y el porcentaje de reducción del mismo durante la instalación).
- d) El número, radio y ángulo de curvas en el tramo por encamisar.
- e) Las condiciones de terreno sobre las cuales se encuentra el encamisado durante la instalación.
- f) La temperatura ambiental durante la instalación del sistema.

4. INSTALACION

La instalación del sistema consiste varias fases incluyendo el diseño, la preparación y calibración de la línea de acero, la introducción del encamisado, la reconexión y la prueba y certificación. Todo el proceso de fabricación e instalación del sistema TITE-LINER esta certificado ISO-9000 con el que United asegura un minucioso programa de control de calidad en todas las etapas de la instalación del sistema. El sistema TITE-LINER se instala en secciones y se reconecta con bridas de acero y stub-ends

termoplásticos, o utilizando una unión soldada patentada que reconecta las secciones encamisadas sin la necesidad de bridas. Una vez en operación, el sistema cuenta con puntos de monitoreo con los cuales se verifica la integridad física del encamisado a lo largo de la vida del ducto. En términos del método de instalación, United ha desarrollado tres diferentes métodos patentados para la instalación del sistema los cuales pueden ser utilizados para rehabilitar o proteger líneas nuevas o existentes.

Una de las grandes ventajas del sistema TITE-LINER es la rapidez de instalación - una vez que el ducto de acero se encuentra en condiciones para recibir el encamisado, el proceso permite la instalación de 1 sección promedio por día por frente de trabajo, donde una sección típica es de 700 metros. United constantemente está desarrollando mejoras y nuevas tecnologías relacionadas al sistema TITE LINER que incluyen nuevos materiales termoplásticos, sistemas de conexión, y métodos de instalación ya sea en ductos terrestres y marinos. Adicionalmente, United, como parte de Insituform Technologies, Inc., líder mundial en el desarrollo de tecnologías para ductos, está constantemente analizando los problemas y retos de nuestros clientes en la operación de ductos y evaluando alternativas para resolver dichos retos de forma eficiente y costeable utilizando los últimos avances en la tecnología de materiales, equipos y técnicas de instalación.



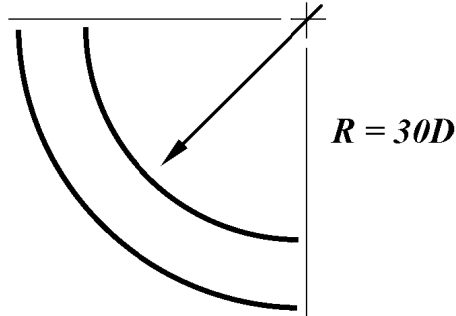
El sistema ofrece grandes ventajas a los operadores de ductos al permitir una instalación in-situ en ductos nuevos o existentes reduciendo problemas de afectaciones a derechos de vía y premitiéndoles alargar la vida de sus inversiones de manera sustancial.

4.1 DISEÑO

Para diseñar adecuadamente un sistema de encamisado, se requiere la siguiente información:

- a. Composición del fluido.
- b. Longitud del tubo de acero, diámetro (2" a 48" de diámetro) y espesor.
- c. Condiciones del ducto (en el caso de rehabilitaciones).
- d. Limpieza interior y residuos (en el caso rehabilitaciones).
- e. Temperatura y presión de operación.

- f. Trazo del ducto (para determinar longitud de tramos).
- g. Accesos y condiciones constructivas (pantano, tierra firme, etc.).



El radio de curvatura de la línea de acero debe ser de por lo menos 30 diámetros. Radios más cerrados pueden manejarse pero esto incrementa considerablemente la tensión de instalación del encamisado y limita la distancia de cada lingada.

Una vez que se obtiene esta información, el encamisado se fabrica de acuerdo al diámetro y espesor de la tubería de acero.

4.2 PREPARACION E INSPECCION DE LA LINEA DE ACERO

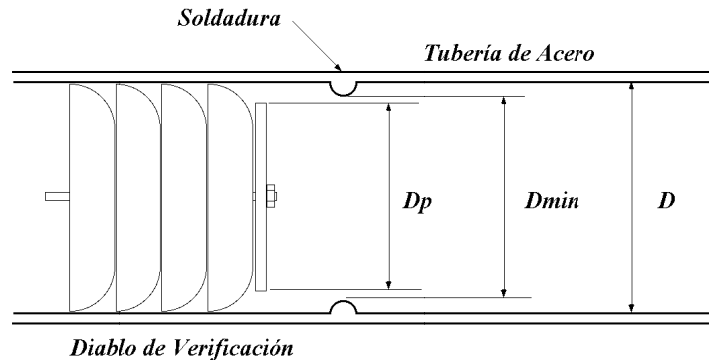
La preparación de la línea de acero tiene como propósito verificar que no existan anomalías constructivas y que el ducto cumpla con las normas necesarias para la instalación del sistema TITE-LINER. El primer paso en la preparación del ducto implica probar la línea hidrostáticamente para determinar la presión máxima de trabajo. Una vez seleccionadas las áreas de lanzamiento y jalado de acuerdo a la tensión de instalación se corta el tubo de acero y se instalan bridas de acero ANSI-RF requeridas para conectar cada tramo una vez encamisado¹.

Después se instalan puntos de venteo y monitoreo en cada tramo con los cuales se vigila la presión anular entre el acero y el polietileno una vez que ducto entra en operación. Al mismo tiempo se adecuan accesos y áreas de instalación de aproximadamente 30 x 20 metros para colocar el equipo de instalación.

En el caso de rehabilitación de líneas, los residuos y depósitos en las paredes del ducto se remueven utilizando diablos de limpieza y solventes en caso de ser necesario. Posteriormente, se lanza un diablo de inspección para verificar que el ducto cumpla con las normas de construcción API-1104, ASME B31.8 (gasoductos), ASME B31.4 (oleoductos y líneas de transporte de líquidos) y/o ASME B31.10 (ductos para la transportación de "slurries" o pulpas) y que no existan las siguientes anomalías constructivas:

- Penetración excesiva de soldadura (1/16" como lo marcan las normas).
- Desalineamiento entre tramos de tubería de acero (high/low).
- Dobleces de tubería con deformación (ovalados).
- Cortes franceses (cambios de dirección fuera de norma).
- Radios de curvatura menores a los treinta diámetros del ducto. En algunos casos, se puede instalar el encamisado en curvas con un diámetro de curvatura de hasta 15 diámetros pero con ciertas restricciones.

¹ Cabe mencionar que el sistema Tite-Liner utiliza tres tipos de conexión - Conexión bridada (ANSI-RF) para conexiones terrestres, conexión minera (para mineraloductos), y conexión soldada (para instalaciones marinas).



Durante la inspección de la tubería, se corre un diablo especial con una placa de calibración con la cual se verifica que no existan anomalías constructivas que no cumplan con las normas ASME B31.6 o B31.8 al igual que con la norma API-1104. Anomalías constructivas incluyen, exceso de penetración de soldadura (>1/6"), desalineamiento, abolladuras, cambios de espesor, cortes franceses, etc.

Finalmente, se lanza el cable de un extremo al otro para conectar el encamisado e instalarlo dentro del ducto de acero.



El lanzamiento del cable del malacate en conjunto con la placa de verificación permite inspeccionar las condiciones constructivas del ducto y asegurar una instalación sin problemas.

4.3 TERMOFUSION DEL ENCAMISADO

El sistema TITE-LINER de encamisado se suministra en tramos de 40 o 50 pies lineales en diámetros de 2"Ø a 48"Ø. Estos tramos se termofusionan utilizando un equipo y un procedimiento especializado el cual asegura una unión perfecta y consistente entre tramos. El principio de la termofusión consiste en calentar dos tramos de tubería termoplástica a una temperatura predeterminada, y posteriormente unir las dos partes a presión. La presión ayuda a que el material de ambas partes fluya y resulte en una fusión y mezcla molecular de los dos tramos de tubería. Al enfriarse, el proceso de fusión forma a los dos tramos termoplásticos en un mismo elemento. Pruebas de laboratorio, han demostrado que el área de fusión presenta mayor fuerza en tensión y presión que el mismo material termoplástico. El procedimiento específico utilizado para encamisados de PAD y PA-12 varían dadas las diferencias entre ambas resinas, pero ambos procesos resultan en el mismo resultado – una tubería unida con un proceso certificado con el que se obtiene una unión perfecta y homogénea.

Durante este proceso, el técnico especialista asegura que la presión y temperatura de fusión este dentro de rangos específicos con los cuales asegura una perfecta unión entre tramos. Cada unión termofusionada se inspecciona

visualmente para verificar el ancho y calidad de la unión. Adicionalmente, durante la instalación, el encamisado se somete a tres procesos de verificación que aseguran su integridad y calidad:

1. Al inicio de cada sesión de trabajo y periódicamente durante el proceso de termofusión, los técnicos de United realizan una prueba destructiva de una unión termofusionada con la cual se asegura que los parámetros de presión, tiempo de calentamiento y fusión son los adecuados para el encamisado termoplástico, y que los equipos de fusión están operando adecuadamente.
2. Durante el proceso de compresión y jalado del encamisado a través de la caja de rodillos, el encamisado termoplástico se somete a un esfuerzo suficientemente alto para romper cualquier unión que no cumpla con el mínimo de calidad requerida en la instalación.
3. Durante la prueba de certificación y hermeticidad, cualquier unión defectuosa causaría una fuga a través del espacio anular entre el encamisado y el acero el cual se manifestaría en los puntos de monitoreo instalados en el tubo de acero.

Al terminar cada tramo se termofusiona una cabeza de jalado con la cual se introduce y jala el sistema de un extremo al otro.



La termofusión del sistema Tite-Liner utiliza un proceso en el cual los tramos de tubería termoplástica se unen por fusión formando una camisa resistente y homogénea.

4.3.1 PARAMETROS DE TERMOFUSION

Los parámetros más importantes durante la termofusión son los siguientes:

- Careado - Cada tramo debe ser careado para asegurar que ambas partes por termofusionarse se encuentran lisas, limpias y perfectamente alineadas. Durante el careado, el técnico verifica que no exista dispersión en los cortes de la viruta generada con lo cual se verifica el adecuado mezclado en la elaboración de la tubería
- Alineación - Después de carearse, los tramos deben alinearse para asegurar que e fusión este perpendicular al centro de la tubería y que no existan anomalías como "high-lows", etc.
- Calentamiento - Posteriormente, las caras alineadas se calientan y derriten a una temperatura cuidadosamente controlada y predeterminada para dar los mejores resultados. La temperatura y presión

de calentamiento y el tiempo y presión de unión se establecen de acuerdo al diámetro de la tubería, el tipo de resina utilizada por el fabricante del PAD o Poliamida. El material se calienta hasta tener un “roll-back” de aproximadamente el mismo espesor al de la tubería termoplástica (lo cual se determina visualmente). En el caso de tubería PA-12, UNITED utiliza un procedimiento modificado en el cual se toma en cuenta características particulares de la poliamida de tal forma que se realice una fusión adecuada del material.

- Fusión - Una vez listas las partes, se remueve la plancha de calentamiento y se fusionan los dos tramos de tubería a una presión predeterminada de fusión (al igual que durante el calentamiento, esto depende del diámetro y espesor de pared del encamisado).
- Enfriado - Los tramos termofusionados deben permanecer bajo presión hasta que el área de fusión haya enfriado y la unión pueda soportar movimientos y esfuerzos.

Anexo se encuentra un tabla representativa del cálculo de presión y temperatura de fusión de acuerdo a diferentes diámetros.

4.3.2 PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LA TERMOFUSION

El sistema TITE-LINER exige de una termofusión perfecta ya que de otra manera, durante el proceso de instalación las uniones fallarían al pasar por la caja de reducción o durante la prueba de hermeticidad del sistema. Para asegurar una calidad perfecta, libre de defectos las siguientes pruebas se siguen durante cada jornada de termofusión de tubería:

Prueba destructiva

Una vez que el equipo especializado de termofusión se ajusta, la primera prueba que se ejecuta invariablemente al principio de cada jornada es una prueba destructiva de una termofusión. Durante esta prueba, una muestra de la unión termofusionada se corta y prueba la unión utilizando el siguiente procedimiento:

1. Se prepara una unión de acuerdo al procedimiento establecido.
2. Una vez enfriada la unión, se corta una muestra de 5” de cada lado de la fusión y 2” de ancho.
3. La muestra después se sujeta en una prensa de tal manera que la fusión este libre.
4. La muestra después se dobla de un lado al otro hasta haber realizado por lo menos 8 dobleces en ambas direcciones sin que el material ceda o se rompa. En caso de que esto ocurra, la única ruptura aceptable es la que ocurra en cualquier punto que no sea la unión.
5. Una falla en la unión generalmente es el resultado de un ajuste incorrecto del equipo, de la presión o de la temperatura de fusión, o también puede estar relacionada a problemas con la resina termoplástica. Los técnicos de United no continuaran realizando fusiones del tubo termoplástico hasta que dichas fallas hayan sido corregidas y se haya obtenido una fusión perfecta.

Prueba no destructiva

Posteriormente, durante el resto de la jornada, se verifica cada fusión al checar el espesor del área de fusión y el “roll-back”. Esta inspección no destructiva se efectúa visualmente utilizando la rebaba que se remueven de cada unión utilizando la herramienta especial llamada “de-beader”.

El sistema TITE-LINER y la reducción a la que se somete el encamisado, no tolera fallas o deficiencias en las uniones termofusionadas ya que estas generalmente ceden al pasar por la caja reductora. Finalmente, cualquier falla en el encamisado, se manifestara a través de los puntos de venteo los cuales monitorean la presión del espacio anular entre el acero y el polietileno.

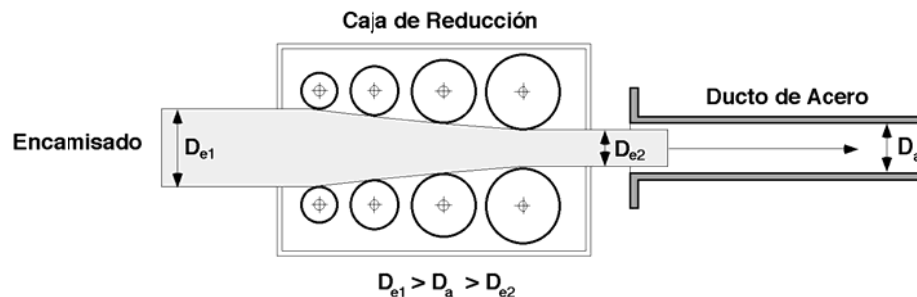
4.4 INSTALACIÓN

Para la instalación del sistema TITE-LINER, United ha desarrollado dos sistemas patentados de instalación – un sistema consistente en rodillos de reducción del encamisado donde una caja reductora comprime el encamisado y le reduce el diámetro en un 15 a 20%, y un sistema de doblado en el cual el encamisado termoplástico se dobla por mitad y se sujeta con cintas plásticas las cuales lo mantienen a casi el 50% de su tamaño durante el proceso de inserción, para después presurizar el encamisado de forma que las cintas de sujeción se revientan y el encamisado se re-expande dentro del ducto de acero, conformándose al diámetro interior del mismo. Ambos procesos aprovechan la “memoria” de la tubería termoplástica – la característica que permite que el tubo deformado regresa a su estado y dimensiones originales siempre y cuando no se exceda su límite elástico – para instalar una tubería termoplástica de mayor diámetro exterior que el diámetro interior del tubo de acero. Una vez instalado, este principio permite que el encamisado termoplástico quede perfectamente fijado al interior del tubo de acero como un resorte, y que ambas estructuras operen de forma homogénea sin que haya un desgaste o movimientos entre el encamisado y el tubo de acero.

4.4.1 PROCESO DE INSTALACIÓN POR REDUCCIÓN

En el proceso de instalación por reducción, una vez que el cable del equipo de jalado está sujeto a la cabeza de jalado, el malacate especializado pasa al encamisado por una caja reductora de rodillos la cual comprime y reduce el diámetro del encamisado antes de introducirlo al tubo de acero. El encamisado, cuyo diámetro exterior es mayor que el diámetro interior de la tubería queda ligeramente comprimido y tensando permitiendo su fácil instalación.

Durante el proceso, la tensión entre la cabeza de jalado y la caja reductora se mantiene dentro de un rango predeterminado que permite que el encamisado termoplástico permanezca estirado y comprimido sin exceder el límite elástico del material. Durante el proceso de instalación, el equipo especializado graba un registro de la tensión a la que se somete el encamisado durante la instalación. Al terminar la instalación y relajar la tensión, el tubo termoplástico recupera su diámetro y queda fijado por interferencia como un resorte dentro del ducto de acero (el diámetro exterior del encamisado es ligeramente mayor al diámetro interior del tubo de acero - por lo tanto, el encamisado queda instalado bajo compresión, fijándolo permanentemente dentro del ducto de acero).



El encamisado ya termofusionado se comprime y jala dentro del tubo de acero del extremo de lanzamiento al extremo de jalado manteniendo la tensión de instalación dentro de la curva elástica del material.



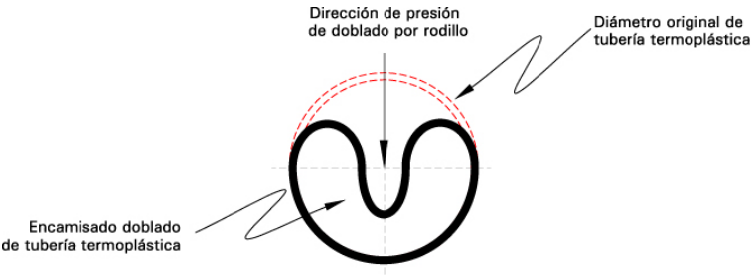
El sistema de rodillos permite reducir el encamisado en fases de manera que el mismo se reduce, permitiendo su instalación a pesar de ser de mayor diámetro que el interior del ducto de acero.



El sistema de rodillos se controla por medio de un sistema de poder hidráulico el cual permite una instalación rápida, segura y eficiente. Las lingadas del sistema Tite-Liner son generalmente instaladas en cuestión de minutos.

4.4.1 PROCESO DE INSTALACIÓN POR DOBLADO

En el proceso patentado de instalación por doblado (Poly-Fold), se realiza con un malacate especializado y una caja de doblado que en vez de reducir el diámetro del encamisado por compresión, utiliza un rodillo hidráulico que dobla el tubo termoplástico en su interior en forma de "U" lo cual lo reduce a cerca de la mitad de su tamaño original facilitando de esta forma el jalado del mismo al interior del ducto de acero.



El sistema de doblado permite doblar el encamisado termoplástico en forma de "U" lo cual reduce su tamaño casi por mitad lo cual permite una fácil instalación al interior del ducto de acero.



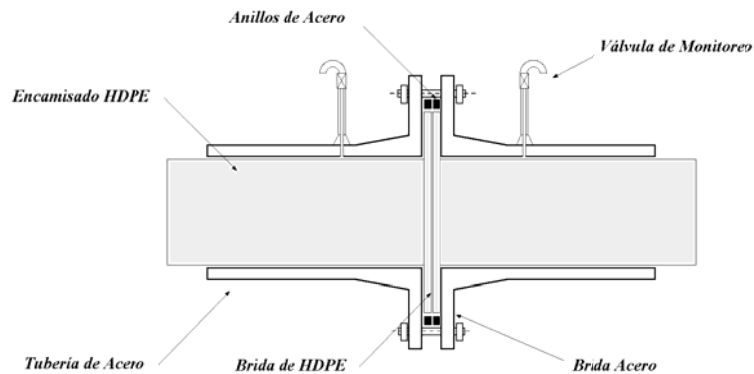
Diversas imágenes mostrando el doblado del encamisado termoplástico en forma de "U" así como su fijación con cintillos diseñados para reventar una vez presurizado el encamisado, así como imágenes del sistema Tite Liner siendo instalado en entornos urbanos complejos como la ciudad de Manhattan en Nueva York.

A pesar de ser un sistema más lento de instalación que el sistema por reducción, el sistema de doblado permite que el encamisado termoplástico sea instalado tramo por tramo requiriendo de un derecho de vía y área de lanzamiento sumamente reducido en comparación al sistema de reducción y por ende lo hace un método atractivo para instalaciones donde el derecho de vía o el entorno es limitado. Al igual que en el sistema de instalación por reducción, este método utiliza un encamisado termoplástico cuyo diámetro exterior es mayor que el diámetro interior de la tubería lo cual permite que el encamisado quede comprimido dentro del tubo de acero.

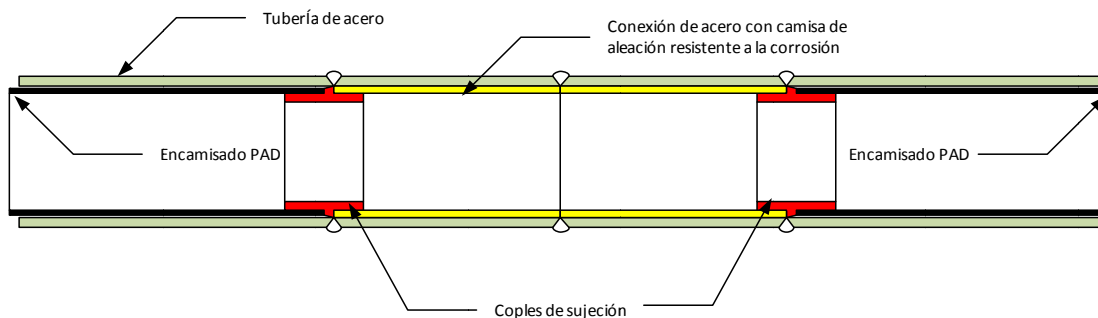
4.5 RECONEXION Y PRUEBA

Una vez instalado el encamisado en todos los tramos, se reconectan por medio del método bridado o el método soldado y se procede certificar la instalación por medio de una prueba neumática. En ciertos casos y se el cliente así lo desea, la prueba neumática se puede sustituir por una prueba hidrostática. La prueba neumática de certificación se efectúa a 7 kg/cc. (100 psi.) con lo cual se verifica la hermeticidad del encamisado y del sistema en su conjunto. Cualquier falla en el encamisado se puede detectar como una fuga en el espacio anular entre el acero y el encamisado termoplástico lo cual se manifiesta a través de puntos de monitoreo y prueba instalados en cada sección.

Una vez puesto en operación el ducto, los puntos de monitoreo permiten verificar de manera continua y permanente la integridad del sistema a lo largo de la vida del ducto, o se pueden sellar y cancelar según sea la preferencia del cliente.



La conexión bridada entre tramos encamisados asegura que el sistema quede completamente encapsulado en acero para que de esta manera, la función de resistencia mecánica la efectúe el acero, y la barrera anticorrosiva la proporcione el encamisado termoplástico.



La conexión soldada entre tramos encamisados utiliza un sistema patentado de acoplamiento resistente a la corrosión que asegura una conexión libre de bridas o conexiones mecánicas por lo que es adecuado para instalaciones marinas o para líneas que van a quedar sumergidas bajo el agua.



La instalación de los "stub-ends" se realiza una vez que el encamisado ha sido instalado y se ha permitido relajar la tensión del mismo por lo menos 24 horas.



La conexión de las secciones se realiza una vez que los "Stub-ends" han sido fusionados y que el sistema está listo para ser probado.

4.6 OPERACION

Durante la operación del ducto, se deben observar ciertos parámetros operativos para asegurar la larga vida de la instalación. Aunque el sistema Tite-Liner ofrece una protección anticorrosiva confiable y permanente, las especificaciones operativas que se presentan a continuación deberán observarse al pie de la letra para garantizar un desempeño correcto del sistema y evitar problemas en la integridad del encamisado:

A. Temperatura de operación:

El sistema Tite-Liner debe operar a las temperaturas para las que fue diseñado (dependiendo el material del encamisado:

- Polietileno de alta densidad: 65°C con hidrocarburos, y 80°C con agua (salada o de proceso).
- Poliamida PA-12: 110°C en todas las condiciones.

B. Limpieza:

Para la limpieza de la tubería, se pueden correr diablos de limpieza a base de copas de hule o poliuretano o diablos tipo polypig.

C. Diablos instrumentados:

El sistema Tite-Liner elimina la necesidad de correr diablos instrumentados para la inspección interior de ductos al ofrecer una barrera hermética y permanente entre el medio corrosivo y el acero. En el caso de diablos para la inspección de la condición exterior del ducto, el encamisado, al ser un material termoplástico aislante, elimina la posibilidad de correr diablos de flujo magnético al no haber un contacto entre los sensores del diablo y el tubo de acero. Sin embargo, con el encamisado instalado, si es posible correr diablos ultrasónicos siempre y cuando la empresa de inspección realice la calibración de los diablos para filtrar la barrera termoplástica que representa el sistema Tite Liner.

D. Válvulas de monitoréo:

Dado que el sistema Tite-Liner ofrece al usuario monitoréo continuo de su integridad a través de las válvulas de monitoréo, el usuario puede verificar en todo momento la integridad del encamisado a lo largo de su vida. Es importante notar que en el caso de ductos manejando gas y cuando el encamisado es fabricado de PAD, se observará al cabo de un tiempo moderado de operación una ligera permeación de gas a través de las válvulas de monitoréo lo cual es normal. Esto ocurre dado que el polietileno de alta densidad, por sus características físicas, tiene una ligeramente permeabilidad al gas, sin que esto afecte su operación, comportamiento o desempeño como barrera anticorrosiva y/o anti-abrasiva. Por lo tanto, se recomienda que las válvulas de monitoréo permanezcan abiertas durante la operación del ducto cuando se esté manejando gas.

E. Paros y arranques de la línea:

Durante paros y arranques del ducto se recomienda que la presión se incremente o reduzca lentamente para no dañar el encamisado o causar un colapso por vacío. En todo caso se debe evitar generar presiones negativas o condiciones de vacío ya que esto pudiera llegar a causar un colapso del encamisado.

F. Reparación de daños:

El sistema Tite-Liner ha sido instalado en más de 6,000 kilómetros de ductos alrededor del mundo y cuenta con un historial de más de una década de instalaciones que prueban su eficacia como el mejor sistema de protección anticorrosiva interior para ductos. Cuando el sistema Tite-Liner opera dentro de los parámetros para el que fue diseñado no debe de presentar ningún problema o falla a lo largo de su vida de servicio. En caso de que ocurra un daño por terceros al exterior del ducto, el encamisado puede ser reparado o reemplazado de manera rápida y con un mínimo de afectaciones (dependiendo de las condiciones de la falla). Para efectuar dichas reparaciones es importante que contacte a United Pipeline De Mexico o United Pipeline Systems.²

5.0 CONTACTO

Para contactar a United Pipeline favor de llamar o enviar un correo electrónico a las siguientes direcciones en México, Estados Unidos, Canadá o América del Sur:

² UNITED PIPELINE es subsidiaria de INSITUFORM TECHNOLOGIES, INC., empresa norteamericana cotizada en la bolsa de valores de Nueva York (NASDAQ: INSUA).

ESTADOS UNIDOS:

P.O. Box 220
Durango , Colorado 81302
Tel: (970) 259-0354
Fax: (970) 259-0356
Email: dhawn@insituform.com
Internet: www.unitedpipeline.com

CANADA:

P.O. Box 5827 - Estación "L"
Edmonton, B.C. ABT6C403
Tel: (403) 440-1188
Fax: (403) 440-6888
Email: rmackie@insituform.com
Internet: www.unitedpipeline.ca

MEXICO:

Oleoducto No. 5
Zona Industrial Carrillo Puerto
Querétaro, Querétaro 76138
Tel: (442) 210-3433
Fax: (442) 210-3432
Email: jose_g@millermexico.com
Internet: www.millermexico.com

CHILE

Puerta del Sol No. 55 - 111
Los Condes
Santiago, Chile
Tel: (562) 207-4966
Fax: (562) 207-4967
Internet: www.unitedchile.cl

6.0 CONCLUSION

El sistema de encamisado interior TITE-LINER proporciona a los operadores de ductos diversas ventajas técnicas y financieras entre las cuales destacan las siguientes:

- El sistema de encamisado ofrece una protección total, confiable y garantizada al eliminar el problema de la corrosión interna de manera permanente.
- Al instalarse in-situ en ductos nuevos o existentes, el sistema de encamisado elimina los problemas de excavación, afectaciones y daños al derecho de vía que implica una reposición de línea convencional.
- El monitoreo continuo de la presión anular entre el encamisado y el acero garantiza en todo momento la integridad del sistema.
- Pruebas de laboratorio han demostrado que el material del encamisado ofrece una vida útil de por lo menos 50 años dependiendo del tipo de uso.
- Características de flujo superiores a las del ducto de acero aún cuando el diámetro interior del sistema sea menor al diámetro original de la línea (coeficiente de fricción del encamisado mucho menor al del acero).
- Las propiedades físico químicas del encamisado previene la acumulación de residuos en las paredes del ducto y aseguran un gasto de transporte constante a lo largo de la vida del ducto.
- Instalación del sistema con un mínimo de modificaciones a ductos construidos de acuerdo a las normas ASME B31.6 y ASME B31.8.
- Presión de operación tan alta como la resistencia mecánica del ducto de acero.
- Mínimas afectaciones al derecho de vía.

El sistema de encamisado ofrece la más eficiente, económica y eficaz solución para rehabilitar líneas existentes y proteger líneas nuevas contra la corrosión y abrasión interior de ductos. Este novedoso sistema ofrece una protección continua, hermética y permanente entre el medio corrosivo y el acero con lo cual queda garantizada permanentemente la integridad y operación del ducto. El sistema TITE-LINER actualmente se encuentra operando en millares de kilómetros de tuberías en Canadá, Estados Unidos, México, Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Argentina, el Mar del Norte, Escocia, Nigeria, Angola, Rusia, Arabia Saudita, Australia, Abu Dhabi y Omán. En la República Mexicana, este novedoso sistema ha sido instalado en diversas líneas para Pemex Refinación y Pemex Exploración y Producción manejando crudo amargo, crudo hidratado, gas amargo, líneas de gas con abrasión por producción de arena, combustóleo, y agua congénita.



Instalación de sistema Tite Liner en mineraloducto de 24 pulgadas de diámetro – Antofagasta Chile



Instalación de sistema Tite Liner en línea marina a cargo de Technip de 12" en Cabinda, Angola, África.



Instalación de sistema Tite Liner en arreglo de líneas marinas para plataforma de British Petroleum cerca de la costa en Angola, África



Preparación de lingadas para instalación de línea marina de 12" con Technip en Cabinda, Angola, África



Instalación de empates bridados de sistema Tite Liner para sistema de manejo de agua congénita de 16" para el Activo Integral Samaria de Pemex Exploración y Producción – Región Sur.



Instalación de sistema Tite Liner en Oleogasoducto para manejo de crudo amargo hidratado de 16" en Cunduacán, Tabasco - Pemex Exploración y Producción – Región Sur.

PROPIEDADES FISICAS DE LA TUBERIA DEL SISTEMA TITE-LINER CON TUBERÍA PAD

PROPIEDAD	NORMA	UNIDADES	LIMITES
PROPIEDADES FISICAS			
Designación de Material	PPI - ASTM	-	PE3408
Clasificación de Material	ASTM D 1248	-	III C 5 P34
Clasificación de Celula	ASTM D 3350	-	345434C
Densidad	ASTM D 1505	gm/cm3	0.955
Indice de Fluidez	ASTM D 1238	gm/10 min	0.11 @ 2.16kg
Modulo de Flexión	ASTM D 790	psi	135,000
Fuerza en Tensión	ASTM D 638	psi	3200
ESCR	ASTM D 1693	Fo, hrs	Fo > 5000
HDB @ 73°F	ASTM 2837	psi	1600
Estabilizadores U.V.	ASTM D 1603	% C	2.5
PROPIEDADES MECANICAS			
Dureza	ASTM D 2110	Shore "D"	64
Fuerza en Compresión	ASTM D 638	psi	1600
Resistencia en Tensión			
Al Punto de Cedencia	ASTM D 638	psi	3200 a 2"/min
Al Punto de Ruptura	ASTM D 638	psi	5000 a 2"/min
Alargamiento			
Al Punto de Cedencia	ASTM D 638	%	8 min
Al Punto de Ruptura	ASTM D 638	%	750 min
Modulo de Elasticidad	ASTM D 638	psi	130,000
ESCR			
Condiciones A,B,C	ASTM D 1693	Fo hrs	Fo > 5000
Anillo Comprimido - Ducto	ASTM	Fo hrs	Fo > 1000
Crecimiento de Quebraduras	Metodo Battelle	Dias para fallar	Fo > 32
Fuerza al Impacto (IZOD)	ASTM D 256 "A"	lb/in	48
Resistencia al Esfuerzo y Fatiga	Metodo Battelle	±1600 psi @ 9 rpm	Ciclos Fo > 2,000
PROPIEDADES TERMICAS			
Coefficiente de Expansión Termal	ASTM D 696	in/in/°F	1.2 x 10-4
Conductividad Termal	ASTM C 177	BTU-in/ft2/hrs/°F	2.7
Temperatura de fragilización	ASTM D 746	°F	< -180°F
Temperatura de ablandamiento Vicat	ASTM D 746	°F	257
Temperatura de Termofusión	ASTM D 1525	psi @ °F	75 @ 400°F

PROPIEDADES FISICAS DE LA TUBERIA DEL SISTEMA TITE-LINER CON TUBERÍA POLIAMIDA PA-12

Propiedad		Método de Prueba	Unidad	Poliamida PA-12
Densidad	23°C	ISO-1183	g/cm ²	1.02
Rango de Derretimiento				
DSC	2do. Calentamiento	ISO-111357	°C	172
Pruebas de rompimiento				
Fuerza al limite elástico		ISO-527-1	MPa	-
Fuerza al limite elástico		ISO-527-2	%	-
Fuerza al punto de rompimiento			MPa	38
Fuerza al punto de rompimiento			%	> 150
Modulo de Tensión		ISO-527-1	MPa	380
Fuerza de impacto CHARPY				
	23°C	ISO-179/1eu	kJ/m ²	Sin Rotura
	-30°C	ISO-179/1eu	kJ/m ²	Sin Rotura
Fuerza de impacto con punta CHARPY				
	23°C	ISO-179/1eu	kJ/m ²	130 P
	-30°C	ISO-179/1eu	kJ/m ²	7 C
Prueba de Tensión				
Fuerza al limite elástico		ISO-527	MPa	26
Fuerza al limite elástico		ISO-527	%	35
Fuerza al punto de rompimiento		ISO-527	%	> 200
Densidad		ISO-1183	g/cm ³	1.02
Modulo de Flexión		ISO-527	MPa	1300
Propiedades Térmicas				
Temperatura Máxima de Operación				110°C
Temperatura Mínima de Operación				-100°C