

2. TÉCNICAS PARA REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS

En la actualidad existen nuevas tecnologías para la rehabilitación de redes de acueducto tendientes a minimizar los efectos producidos o generados por la apertura de zanjas para la instalación convencional de tuberías entre otros tales como contaminación ambiental, cierre de vías, rotura de pavimentos y andenes, desplazamiento de equipo y obstaculización del paso que ocasiona cierre del comercio. Cada una de estas tecnologías presenta características particulares según sea el tipo de material, diámetro, estado de deterioro de la tubería a rehabilitar. Por tal razón y con el fin de adelantar una comparación técnico y económica entre las distintas tecnologías, a continuación se presenta una descripción de las principales técnicas de rehabilitación para tuberías, en la cual se han incluido sus principales características, procedimiento y equipo mínimo requerido para su ejecución, sus ventajas y desventajas. Se incluyen algunas técnicas que involucran el reemplazo y renovación de la tubería existente.

2.1. REHABILITACIÓN POR LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Con el fin de recuperar la capacidad hidráulica de la tubería, retirar incrustaciones o remover impurezas y cuando la tubería se encuentra en buen estado estructural, se recomienda adelantar una limpieza de las paredes interiores de la misma. La limpieza puede ser de dos tipos, mecánica o hidromecánica.

2.1.1 LIMPIEZA MECÁNICA.

La limpieza mecánica consiste en pasar a lo largo de la tubería un dispositivo de raspado o limpieza. Los raspadores pueden ser dos tipos básicos, con cuerpo de espuma de poliuretano o comúnmente llamados "pigs" y raspadores metálicos tales como los raspadores de hojas de acero templado y para los cuales se pueden ensamblar varias

unidades en campo. Independientemente del material que estén fabricados los raspadores, estos generalmente son impulsados por agua a presión dentro de la tubería o halados por un cable.

Los raspadores son de distintos tipos, según sea el fabricante, el diámetro de la tubería, el radio de curvatura del tramo a limpiar, el grado de limpieza o raspado requerido y la aplicación específica para el tipo de revestimiento interior de la tubería a limpiar. Los raspadores limpian de las paredes de la tubería la biopelícula, las incrustaciones y obstrucciones. Se consiguen en el mercado en diámetros hasta de 60 pulgadas.

Comúnmente existen dos variaciones a esta técnica de limpieza con raspadores, en la primera denominada limpieza por arrastre, el raspador metálico generalmente compuesto de una serie de hojas de acero y caucho, es tirado por medio de un cable, previamente introducido por la tubería y que es atado a él; en la segunda el dispositivo de limpieza es generalmente un "pigs" el cual es propulsado por el fluido. Lo anterior no descarta la posibilidad de que un "pigs" sea halado o un raspador metálico sea impulsado por agua.

En el Producto de la actividad No. 4 del presente estudio (Documento JR-052-P4-01-02, numeral 7.1.3), se describieron las características y propiedades de los diferentes tipos de dispositivos que existen en el mercado para limpieza de tuberías.

2.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE REHABILITACIÓN POR LIMPIEZA CON RASPADORES.

De manera general se describen las actividades más comunes necesarias para realizar el trabajo de limpieza de una tubería por medio de raspadores de espuma de poliuretano o metálicos.

1. Aislamiento del tramo a rehabilitar.
2. Se debe hacer una excavación al inicio y final del tramo de tubería, es decir en los puntos de lanzado y recibo del raspador.

3. En los sitios donde se hicieron las excavaciones, se hace el corte de la tubería existente para la entrada y salida del raspador. En el caso de ser halado por un cable, este equipo se instala en la boca de salida del raspador.
4. Si el raspador es impulsado por el fluido, en el sitio de entrada o lanzado se pueden instalar reducciones concéntricas en los extremos del corte y un niple central, con el raspador en su interior y de mayor diámetro de la tubería, lo anterior reestablece la continuidad en la tubería de manera que abriendo válvulas se permita el flujo que arrastra el raspador.
5. Otra alternativa es la instalación en el sitio de entrada de un equipo para aumentar la presión en la tubería.
6. Inyección de agua para aumentar presión y corrida del raspador, si el dispositivo de limpieza ya ha sido corrido el mismo debe ser revisado e inspeccionado antes de una nueva corrida para comprobar su buen estado.
7. Evacuación del agua sucia de lavado, por el pozo de salida.
8. Lavado y desinfección de la tubería.
9. Empalme de la tubería en los tramos cortados.
10. Relleno de las excavaciones, adecuación de área de los trabajos y restablecida del servicio.

2.1.1.2 EQUIPO REQUERIDO.

El equipo mínimo requerido para la limpieza de tuberías por medio de raspadores es el siguiente:

1. Equipo de excavación.
2. Equipos de oxicorte (si la tubería existente es metálica).
3. Equipos de soldadura.
4. Compresor.
5. Planta eléctrica.
6. Raspadores de espuma de poliuretano o metálicos.
7. Tanque de agua.

8. Equipo de sello (tapones).

2.1.2 LIMPIEZA HIDROMECAÁNICA.

El método consiste en el retiro de sedimentos y desprendimiento de partículas incrustadas en la pared interior de las tuberías, por medio de la aplicación de un chorro de agua, el cual sale de una boquilla a velocidad y presión. Las partículas son arrastradas hacia las purgas o sitios de evacuación.

Este método puede ser empleado para diámetros entre 16 y 60 pulgadas. Para la aplicación del chorro de agua se requiere introducir una manguera a lo largo del tramo de la tubería existente a rehabilitar. La presión del chorro de agua en la boquilla de salida de la manguera puede estar entre 1000 y 10000 psi. El chorro de agua debe ser dirigido contra la "escama" o depósito para que este sea desalojado. Una vez el material es penetrado, el fluido forma una cuña entre el depósito y la superficie que desprende el depósito y expone el material limpio.

2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA CON CHORRO DE AGUA.

A continuación se describen las actividades generales y típicas que se realizan cuando se realiza una limpieza de tubería por medio de chorro de agua y una vez se han llevado a cabo las investigaciones previas:

1. Aislamiento del tramo a rehabilitar.
2. Ubicación de las bocas de inspección o manholes para a través de ellos introducir la manguera.
3. Efectuar una toma de presión en la zona antes de intervenir y otra después de la limpieza.
4. Revisar válvulas, hidrantes, y efectuar cambios si es necesario.

5. Abrir purgas y evaluar los sitios de vertimiento de agua sucia.
6. Aplicación del chorro de agua y lavado de la tubería.
7. Desinfección de la tubería intervenida.

2.1.2.2 EQUIPO REQUERIDO

El equipo mínimo requerido para la limpieza de tuberías por medio de chorro de agua es el siguiente:

1. Tanque de agua para trabajo.
2. Bomba para presión del agua.
3. Planta eléctrica.
4. Mangueras con boquillas o pistolas.

De manera general e independientemente del tipo de limpieza a realizar, mecánica o hidromecánica, se recomienda llevar a cabo una serie de actividades previas a los trabajos de campo con el fin de garantizar el mejor resultado:

1. Localización de la zona y tramo a rehabilitar. Revisando los sitios de drenaje, identificando los sitios para la entrada y salida de las herramientas de limpieza, las válvulas, las conexiones y todos los componentes del sistema que deban ser abiertos o cerrados con el fin de aislar el tramo.
2. Identificar material, diámetro y profundidad de la tubería a renovar, para definir el método de limpieza y las características del equipo a utilizar.
3. Llevar a cabo una prueba para medición del factor "C" en la zona antes de intervenir la tubería con el fin de tener un parámetro de comparación con una medición posterior a la limpieza.
4. Definir las alternativas de servicio para las áreas afectadas temporalmente por los trabajos de limpieza.
5. Revisar las válvulas, y demás instrumentos con el fin de determinar su reemplazo o no.

6. Se deben proveer los medios necesarios para la disposición del agua y los residuos de la limpieza. Comúnmente puede ser un carro tanque acondicionado de tal manera que retenga los sólidos y el agua sea evacuada al alcantarillado.
7. Se deben tomar las medidas necesarias para informar a los usuarios sobre las afectaciones al servicio que ocasionen los trabajos.
8. Se debe chequear la dirección del flujo en el tramo a limpiar.

2.1.3 VENTAJAS DE LA LIMPIEZA DE TUBERÍA

La rehabilitación de tuberías por limpieza interior tiene las siguientes ventajas:

1. Recuperación de la capacidad hidráulica, área y coeficiente de rugosidad.
2. Depósitos muy duros e incrustaciones pueden ser removidos
3. En el caso de limpieza con raspadores se tiene:
 - ◆ Altos rendimientos, longitudes de hasta 10.000 veces el diámetro de la tubería en milímetros, por día con una pasada. Sin embargo, en definitiva la longitud real depende de las condiciones en que se encuentren las tuberías interiormente, desde el punto de vista de presencia de sedimentos, alineamientos horizontales y verticales, radios de giro, número y tipo de accesorios en el tramo, tipo y capacidad del equipo de limpieza, presiones o capacidades de equipos de halado y tramo de limpieza.
 - ◆ La alta compresibilidad de los "pigs" permite que sean utilizados en tuberías con diámetros interiores similares.
 - ◆ La flexibilidad de los "pigs" permite su deslizamiento en radios de curvatura hasta de 90°, tees y válvulas de compuerta de bola y cheques.
 - ◆ Las tuberías pueden ser limpiadas con un mínimo de excavaciones.
 - ◆ La capacidad de recuperar el factor "C" de las tuberías de manera que puede ser comparable con el una tubería recientemente instalada.
 - ◆ Los raspadores metálicos se pueden conseguir para curvaturas mínimas de 1½ veces el diámetro de la tubería.
4. Los sólidos secos pueden disponerse fácilmente.

5. En la limpieza hidromecánica, la entrada la tubería se hace por los medios existentes como bocas de acceso.

2.1.4 DESVENTAJAS DE LA LIMPIEZA DE TUBERÍAS.

La rehabilitación de tuberías por limpieza interior presenta las siguientes desventajas:

1. Se requiere que la tubería existente se encuentre en buen estado estructural.
2. Se requiere de la adecuación de sitios para la evacuación y disposición de los residuos del lavado.

2.1.5 OTROS MÉTODOS DE LIMPIEZA.

Existen otros métodos para la limpieza de tubería los cuales no se clasifican dentro de las categorías anteriores, estos métodos de limpieza no son muy usados en tuberías matrices de acueducto. Entre ellos tenemos la limpieza con aire, limpieza química y limpieza con el uso de partículas abrasivas.

La limpieza con aire que se usa para diámetros menores a 4 pulgadas, aunque normalmente se denomina limpieza con aire, en realidad se basa en la aplicación de una mezcla de aire y agua. El aire es incorporado a la tubería por un compresor neumático.

La limpieza química se caracteriza por el uso de soluciones ácidas para remover los compuestos de calcio y hierro que se desarrollan. Las soluciones ácidas comprenden combinaciones de ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o ácido cítrico. La técnica involucra el cierre de la tubería y el sostenimiento del ácido por periodo de tiempo especificado. Es necesario llevar a cabo un estricto lavado de la tubería para retirar el ácido.

El último de estos métodos para la limpieza de tuberías, se basa en el uso de cantidades controladas de partículas abrasivas y chorro de gas a alta velocidad. Entre los agentes

abrasivos se encuentran partículas de piedra de pedernal, acero y arenisca. Dependiendo del tipo de limpieza se selecciona el agente y la velocidad del gas. El método es más aplicado a tuberías dentro de edificaciones y no a tuberías enterradas.

2.2. REHABILITACIÓN POR APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO INTERIOR.

En tuberías donde el goteo es un problema, la aplicación de un revestimiento interior puede ser la solución porque elimina estos goteos que se presentan en las áreas corroídas de las tuberías o de las uniones que se encuentran en mal estado. Un revestimiento liso en una tubería corroída maximiza la capacidad hidráulica y disminuye los costos de operación. Adicionalmente un revestimiento puede corregir una falla estructural y disminuir las secciones corroídas.

A continuación se describen los métodos más comunes para la aplicación de revestimientos en tuberías de distribución de acueducto.

2.2.1 REVESTIMIENTO CON MORTERO CENTRIFUGADO.

Por medio de este sistema de rehabilitación se mejora la capacidad hidráulica de la tubería y su estado físico. El sistema consiste en la aplicación sobre la pared interior de la tubería, de un mortero de cemento centrifugado. El método es aplicable a tuberías de acero y de hierro fundido en condiciones porosas debido a la corrosión. En diámetros pequeños se requiere de un equipo especialmente diseñado, en diámetros grandes puede ser aplicado por una persona. Previo a la aplicación del mortero es indispensable limpiar muy bien las tuberías, lo cual se logra con el uso de limpiadores o raspadores como los mencionados anteriormente.

El mortero es aplicado sobre la pared de la tubería por medio de una cabeza rotatoria accionada por aire comprimido. El mortero es bombeado por la máquina por medio de

mangueras de alta presión. El proceso de colocación del mortero puede hacerse por capas, generalmente de ½ pulgada cada una.

2.2.1.1 PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL MORTERO CENTRIFUGADO.

Una vez se han realizado las actividades anteriormente descritas como previas a la limpieza de la tubería, se recomienda proceder con las siguientes actividades típicas con el fin de obtener mejores resultados en la rehabilitación de una tubería por medio de la aplicación de un mortero de cemento centrifugado:

1. Se deben definir las alternativas de suministro temporal, para el área que abastece el tramo a intervenir.
2. Localización topográfica del tramo, curvas, válvulas en línea, reducciones, excavaciones para los puntos de acceso del equipo. Para tuberías con diámetros 16 pulgadas y mayores se requiere del levantamiento de todas las curvas. Si el diámetro de la tubería no permite el ingreso de una persona (16" y 24"), es necesario el retiro de todas las válvulas en línea con el fin de limpiar su interior una vez aplicado el mortero.
3. Se debe aislar el tramo a rehabilitar. Es imperativo que la tubería este libre de agua para la aplicación del mortero.
4. Apertura de pozos o excavaciones y corte de la tubería para insertar los equipos, los cuales, por lo regular, no deben estar separados más de 150 metros.
5. Realizar la limpieza de la tubería por medio de raspadores metálicos o "pigs", el dispositivo de limpieza debe ser cuidadosamente revisado antes de ser corrido..
6. Instalación del equipo de centrifugado, el cual aplicará el mortero de cemento previa graduación de la dosificación de mortero a aplicar y la velocidad de avance.
7. Aplicación de la capa de mortero de cemento en las paredes, esta se efectúa por medio de un cabezal giratorio impulsado por aire comprimido.
8. Limpieza de las tuberías por medio de una bomba de vacío o lavado con agua.
9. Desinfección de la tubería.

10. Relleno de las excavaciones, reconformación del área y puesta en servicio. El agua a presión puede ingresar a la tubería, para el curado del mortero, 24 horas después de ser aplicado.

2.2.1.2 VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DEL MORTERO CENTRIFUGADO.

Mediante la aplicación de mortero de cemento se obtienen las siguientes ventajas:

1. Protección contra la corrosión.
2. Mejoramiento de las características hidráulicas, rugosidad.
3. Eliminación de exfiltraciones por las uniones. Las cuales quedan tapadas, presentándose una superficie plana en el interior de la tubería.
4. Bajo costo comparado con la colocación de tubos nuevos.
5. Recuperación de morteros desgastados.
6. El revestimiento se acomoda a las variaciones de la sección.
7. Mínima reducción de la sección de la tubería.

2.2.1.3 DESVENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE MORTERO CENTRIFUGADO.

Este método de rehabilitación presenta las siguientes desventajas:

1. Se requiere que la tubería a rehabilitar se encuentre en adecuado estado estructural.
2. Se requiere de la adecuación de las áreas para evacuación y disposición de sobrantes de la limpieza.
3. Posteriormente a la aplicación del mortero se requiere de una nueva limpieza interior de la tubería.
4. Se requiere de un equipo especialmente diseñado para el control de la velocidad de avance de la boquilla aplicadora del mortero.
5. La aplicación del mortero disminuye el diámetro interior de la tubería.

2.2.2 OTROS TIPOS DE REVESTIMIENTOS.

Existen otros procesos para la aplicación de revestimientos los cuales incluyen la adición de químicos en el agua, estos se adicionan con el fin de obtener un revestimiento sobre la pared de la tubería tal que inhiba la corrosión del metal. Estos procesos incluyen las películas químicas, los revestimientos químicos y la colocación de un tubo de revestimiento formado en sitio.

2.2.2.1 TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Con la aplicación de ortofosfato de zinc en el sistema de distribución, se inhibe la corrosión interior. Este método se puede utilizar incluso en tuberías no metálicas, como las de asbesto cemento. La dosificación debe ser recomendada para cada sistema en particular, el químico es inyectado por una bomba con un mecanismo de dosificación. No se requiere de la limpieza inicial de las tuberías.

Así mismo la adición de carbonato de calcio o calcita al agua forma un revestimiento químico de carbonato de calcio que protege la pared interior metálica de la tubería. Este método requiere de la limpieza inicial de las tuberías, por lo tanto el químico debe ser adicionado en estos tramos o sectores de la red. Por este método se tiene el problema que la cantidad de químico especificada debe ser permanentemente adicionada con el fin de prevenir la disipación del revestimiento formado. En algunas ocasiones se obtienen en las tuberías, revestimientos no uniformes o simplemente no existen. Otro problema se presenta en vista de que el carbonato de calcio es muy sensible a las variaciones del pH, lo que lleva a que en ocasiones sea necesario la utilización de aditivos tales como silicato de sodio, medusa y cemento Pórtland, cloruros de magnesio y aluminio y silicato cúprico. El proceso requiere de un estricto control de calidad.

2.2.2.2 REVESTIMIENTO CON TUBERÍA FORMADA EN SITIO

Otro proceso incluye colocación de un tubo de fieltro de fibra de poliéster, en el interior de la tubería existente. El tubo está revestido en su cara interior con un material impermeable e impregnado con una resina líquida termofijadora por la cara exterior. Previo a la inserción la tubería existente debe ser limpiada. El tubo es introducido por un proceso de inversión en el cual uno de los extremos del revestimiento se fija en una de las ventanas de acceso por medio de un anillo colocado a su alrededor e insertado a la tubería existente; la inserción se logra por llenado de la tubería existente con agua fría. Con el llenado de la tubería existente el tubo de inserto se extiende por desdoblamiento y se expande por acción de la presión del agua, quedando apretado herméticamente contra la pared de la tubería, posteriormente el agua es calentada para curar la resina, de esta manera se crea una tubería nueva dentro de la tubería existente. El curado de la tubería también se puede lograr por medio de vapor de aire caliente, previa evacuación del agua.

Se recomienda que la tubería existente debe ser previamente limpiada; este procedimiento puede ser utilizado para reparar daños o tuberías muy deterioradas. Generalmente no se presenta disminución de la capacidad hidráulica en vista de que la reducción interna del diámetro se compensa con el mejoramiento de la superficie.

Este método puede ser utilizado en tuberías muy viejas y su uso no ocasiona problema en el olor y sabor del agua. Por este método las tuberías de inserto se acomodan a las deformaciones de la existente, adicionalmente no se crean espacios anulares entre ambas y se pueden usar diferentes tipos de resinas fijadoras.

2.2.2.3 REVESTIMIENTOS EPÓXICOS

Un procedimiento completamente mecánico para la aplicación de revestimientos interiores, el cual no incluye la adición de químicos, es la aplicación de revestimientos con pinturas epóxicas por rociado. Por este procedimiento las tuberías deben ser limpiadas inicialmente por medio del uso de partículas abrasivas y posteriormente con el uso de un chorro de aire la tubería debe ser completamente limpiada y secada antes de aplicar el revestimiento. El material de revestimiento está conformado por una resina epóxica y un

endurecedor que deben ser apropiados para ser usados en contacto con el agua potable. La aplicación de la pintura se hace por aspersion con chorro de aire, se dirige directamente sobre la pared de la tubería y el control de la velocidad del flujo de aire es un proceso crítico que debe ser controlado. Tanto la viscosidad de la pintura y la velocidad del flujo de aire para su aplicación son determinados para caso en particular y dependen del diámetro y la longitud del tramo revestido. El proceso de secado y endurecida de la pintura epóxica se logra con la aplicación de un chorro de aire caliente por 2 o 3 horas, para posteriormente permitir un secado natural por 24 horas.

La aplicación del revestimiento con pinturas epóxicas es un procedimiento que obtiene buenos resultados y que puede ser aplicado para la reparación de tuberías bajo agua. Observaciones de campo a trabajos realizados por este método muestran que no se presentan señales de deterioro en un periodo de 4 años. Sin embargo otras investigaciones han demostrado, que dependiendo de la formulación del endurecedor aplicado, se pueden presentar problemas o no de lixiviación del revestimiento. Otros problemas identificados en los sistemas de distribución donde han sido utilizados este tipo de revestimientos, ha sido el crecimiento de microorganismos no patógenos en las tuberías, los cuales se manifiestan por un incremento del hierro en el agua, y en consecuencia un mayor número de quejas presentadas por los usuarios del servicio.

2.3. RENOVACIÓN POR DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).

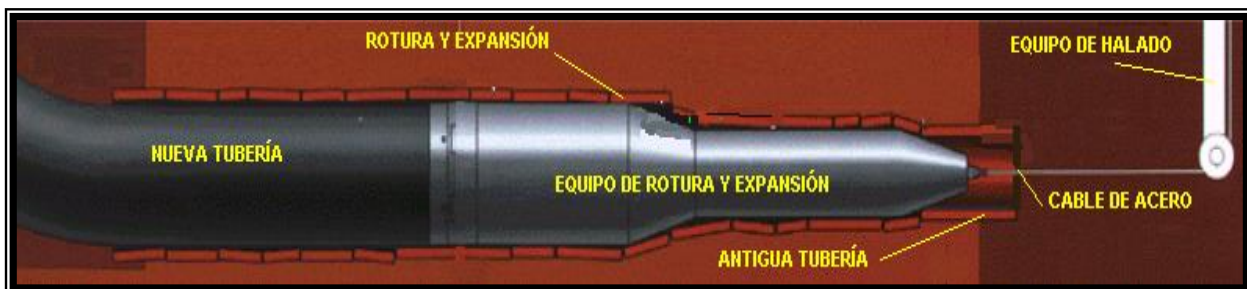
El método consiste en el reemplazo de la tubería existente por una nueva generalmente PVC y más recientemente, polietileno de alta densidad o HDPE.

El HDPE además de soportar la tensión durante la instalación posee características de duración, resistencia, no oxidable, flexible, continua y fácil manejo. Además, para las juntas se pueden usar uniones mecánicas, aunque son más seguras si se hacen por el sistema de termofusión o por electrofusión.

El PVC también es una tubería flexible, de buena duración, no corrosible, pero presenta ante el HDPE algunas desventajas ya que para las mismas presiones de trabajo, requiere de mayores espesores de pared, por lo tanto mayor peso, y sus uniones generalmente son mecánicas

El reemplazo de la tubería se hace sin necesidad de excavar la zanja y rompiendo la tubería existente, por lo que se denomina "Pipe Bursting" (fractura de tubería), en la Figura 2.3.1 se ilustra el detalle de la fractura. En este sistema los escombros de la tubería existente se presionan contra el suelo circundante. Existen dos técnicas para el Pipe Bursting, el método Estático y el Dinámico o Combinado, en ambos casos se pueden colocar tuberías nuevas de igual o mayor diámetro con respecto a la que se sustituye. Si se trata de aumentar el diámetro se utiliza un dispositivo de expansión, aunque esta expansión se encuentra limitada principalmente por el diámetro de la tubería existente y el tipo de suelo. La diferencia fundamental, entre los dos métodos se halla en el diámetro de la tubería a reemplazar, su profundidad y en la forma de llevar a cabo la fractura, como se verá mas adelante.

Figura No. 2.3.1. Método de Pipe Bursting - Detalle fractura e instalación de tubería. ¹



Aunque por este método no se requiere de la apertura de una zanja continua, si es necesario la apertura de dos excavaciones, una de entrada, para el ingreso de la tubería nueva y otra de salida, para la instalación del equipo de halado.

¹ www.pmconst.com/pipeburst.html

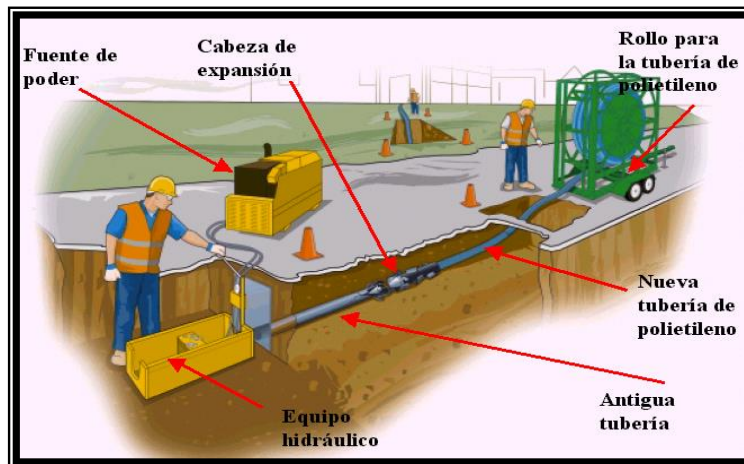
2.3.1 MÉTODO ESTÁTICO.

Por la capacidad de los equipos, se utiliza para fracturar tuberías existentes de asbesto cemento o hierro fundido, de diámetros pequeños (entre 3 y 6 pulgadas) y eventualmente hasta 8 pulgadas, que se encuentren instaladas a profundidades entre 0.8 y 2.0 metros y donde es imperativo evitar la contaminación interna de la tubería, como en el caso de sistemas de acueducto.

El método consiste en la introducción de un equipo dentro de la tubería existente, el cual utiliza su alineamiento como ruta de avance, el equipo posee una cuchilla que al ser halada desde el extremo opuesto, va fracturando la tubería a su paso y sin producir golpes (estático); al mismo tiempo y simultáneamente la tubería es reemplazada por una nueva. Más recientemente se vienen utilizando las tuberías de polietileno de alta densidad -HDPE de igual o mayor diámetro. En la Figura No. 2.3.2 se muestra el esquema general de instalación.

Cuando se trate de instalar tuberías de HDPE de mayor diámetro al existente se hace necesario la utilización de un expansor, para la diferencia de diámetro, El diámetro del expansor puede estar entre el 15 y 20 % mayor que el diámetro a instalar.

Figura No. 2.3.2. Pipe Bursting Estático - Esquema General de Instalación. ²



² www.vermeer.com

2.3.1.1 EQUIPO REQUERIDO

El equipo típico requerido para adelantar una labor de renovación de tubería por el método de Pipe Bursting estático, insertando tuberías de HDPE, es el siguiente:

1. Retroexcavadora.
2. Planta eléctrica.
3. Equipo de oxicorte y soldadura. (para la tubería existente)
4. Equipo de rotura o TOPO con cabeza fracturadora y/o cuchilla.
5. Winche o Cabrestante de halado, con sistema de tensión continua.
6. Expansores, si se aumenta el diámetro.
7. Equipo inyector de mezcla bentonítica. (si se requiere).
8. Equipo de termofusión para HDPE.
9. Equipo de compactación. (Rellenos de excavaciones).

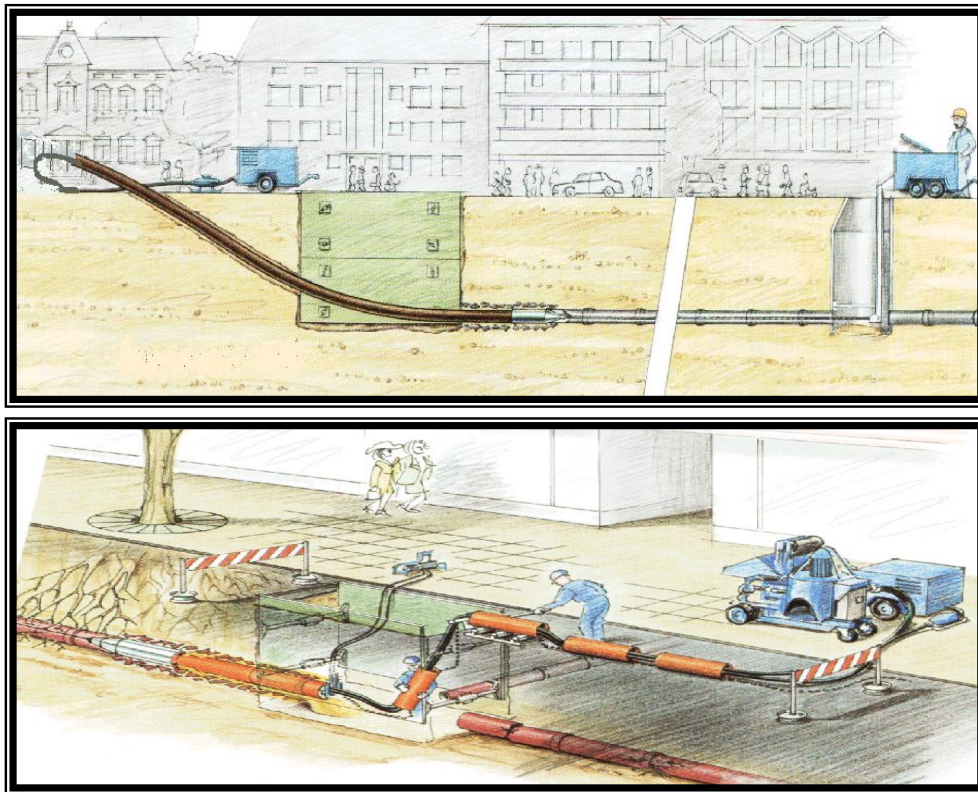
2.3.2 MÉTODO DINÁMICO O COMBINADO.

Para diámetros hasta 48 pulgadas y profundidades mayores, es necesario de una mayor potencia para fracturar las tuberías existentes y halar las nuevas de HDPE, ya que a medida que aumenta el diámetro se tienen mayores presiones del suelo y mayores fuerzas de rozamiento. Es importante tener en cuenta las condiciones geológicas del subsuelo y la profundidad de la tubería existente, sobre todo si se trata de aumentar el diámetro ya que se pueden causar daños en los pavimentos si esta protección no es suficiente.

El sistema de Pipe Bursting dinámico o combinado, requiere de la utilización de dos equipos, una herramienta de perforación subterránea comúnmente llamada TOPO, la cual fractura la tubería existente, y un WINCHE o Cabrestante que simultáneamente va halando la tubería nueva. El reemplazo de tubería por este método produce gran trepidación en el terreno pudiendo averiar las tuberías y construcciones cercanas. En la Figura No. 2.3.3 se presenta el esquema general de instalación.

El método de Pipe Bursting dinámico o combinado suele ser más costoso que el estático, por lo que para los casos de tuberías de diámetros grandes se recomienda hacer la comparación económica con los sistemas de inserción de tuberías nuevas de HDPE pero de menor diámetro sin destruir la vieja o métodos conocidos como Sliplining.

*Figura No. 2.3.3. Pipe Bursting Dinámico - Esquema General de Instalación.*³



2.3.2.1 EQUIPO REQUERIDO

El equipo típico requerido para adelantar una labor de renovación de tubería por el método de Pipe Bursting dinámico, insertando tuberías de HDPE, es el siguiente:

1. Retroexcavadora.
2. Planta eléctrica.

³ Trenchless Pipe Renewal Using the TT Pipe Bursting System. Tracto Technik.

3. Equipo de oxicorte y soldadura. (Para tubería existente).
4. Equipo de rotura o TOPO con cabeza de fracturación y/o cuchilla.
5. Equipo de perforación neumático reversible, con mangueras.
6. Winche o Cabrestante o de halado, con sistema de tensión continua.
7. Expansores, si se aumenta el diámetro.
8. Equipo inyector de mezcla bentonítica (si se requiere).
9. Equipo de termofusión para HDPE.
10. Equipo de compactación. (Rellenos de excavaciones).

2.3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA REHABILITACIÓN POR DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).

El método de rotura de tuberías puede ser aplicado para la renovación de tuberías existentes de asbesto cemento, hierro fundido, hierro dúctil, acero, plásticas y de concreto; ya sea por el método dinámico o estático, es necesario escoger el tipo de TOPO y expansor, dependiendo del tipo de tubería, su diámetro y profundidad.

Antes de acometer cualquier trabajo de campo para renovación de tuberías por el método de rotura de tuberías, se recomienda llevar a cabo una serie de actividades previas con el fin de planear todos los trabajos, como actividades previas se recomiendan mínimo las siguientes:

1. Localización de la zona y tramo a rehabilitar.
2. Identificar material, diámetro y profundidad de la tubería a renovar, para definir el método a utilizar, dinámico o estático, las características del equipo a utilizar y de la tubería a insertar.
3. Revisar las válvulas, y demás instrumentos con el fin de determinar su reemplazo o no.
4. Definir las alternativas de servicio para las áreas afectadas temporalmente por las obras, se puede requerir de la construcción de manijas paralelas, las cuales deben

considerar el diámetro de la tubería y de la manija, con el objeto de establecer si se justifica la posibilidad de uso temporal de la manija para que pueda ser usada en diferentes sectores.

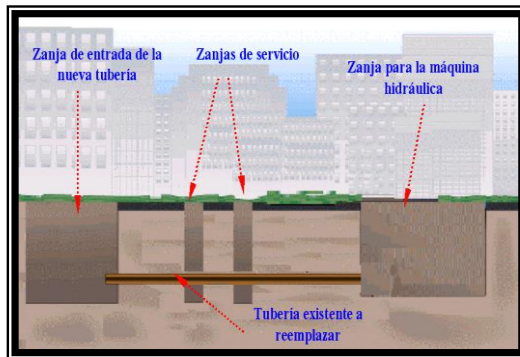
5. Ubicación de los lugares donde se pueden construir las ventanas de entrada y salida, se recomienda usar una ventana de entrada por dos de salida.
6. Se deben tomar las medidas necesarias para informar a los usuarios sobre las afectaciones al servicio que ocasionen los trabajos.

A continuación se describen de manera general las actividades típicas de campo para realizar el trabajo de reemplazo de tuberías por el sistema de Pipe Bursting, utilizando tuberías de HDPE como sustitutas (Figura No. 2.3.4).

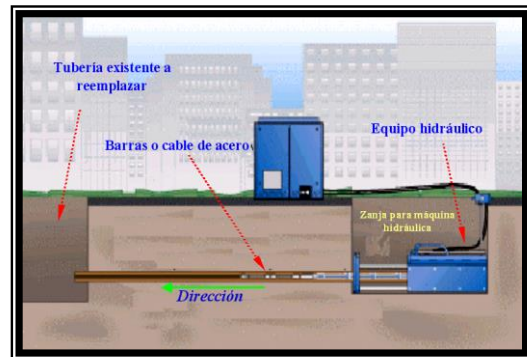
1. Cierre de las líneas a reemplazar.
2. Hacer una excavación de 2,50 metros de largo, en el extremo de salida y de profundidad igual a la tubería para instalación del equipo. En todo caso las dimensiones de esta excavación dependen fundamentalmente de las dimensiones del equipo a utilizar, el tipo de suelo y la profundidad de la tubería.
3. Hacer una excavación, en el punto de entrada, de longitud 2,5 veces la profundidad de la tubería, para permitir la deflexión de la tubería nueva durante la instalación. Sin embargo la excavación se dimensiona fundamentalmente dependiendo del tipo de suelo a excavar, la profundidad de la tubería y dimensiones de la tubería a instalar.
4. Corte de la tubería existente, si es metálica se requiere del equipo de oxicorte.
5. Simultáneamente se van excavando los puntos de las salidas o conexiones laterales a la tubería principal, de tal manera que queden expuestas para hacer las conexiones una vez este instalada la nueva tubería. También sirven como puntos de control en el avance de la inserción de tubería.
6. Se instala y posicionan los equipos de halado en el extremo de salida y los equipos de rotura y expansores en el extremo de entrada de la tubería, en posición frontal a la tubería existente. El equipo de halado puede ser de accionamiento manual o hidráulico.
7. Instalación de las barras de halado, las cuales pueden ser roscadas o de acople según el fabricante. Las barras se van empujando una a una dentro de la tubería

- existente, cuando llegan al extremo de entrada de la tubería, se conectan, a las barras, la navaja fracturadora seguida del expansor, (si se trata de aumentar el diámetro), y de la tubería nueva.
8. Se halan las barras de regreso hacia el punto de salida inicial, de manera que el equipo vaya fracturando la tubería vieja, expandiendo el orificio e incorporando la tubería nueva. Cuando, tanto las longitudes de tubería a insertar, como la fuerza de fricción son grandes se recomienda utilizar las inyecciones de mezcla cemento y bentonita o similar para facilitar el avance.
 9. Durante la inserción se debe controlar la fuerza de tensión sobre la tubería de HDPE la cual debe ser constante, normalmente esta fuerza tiende a variar por los vacíos del suelo y el mal estado de la tubería existente, que hacen que aumente la velocidad de avance del martillo neumático o por el contrario la velocidad de avance disminuya por los problemas que suelen presentarse en las uniones espigo campana de la tubería existente.
 10. Una vez se termine la inserción se procede a hacer todas las conexiones laterales a la nueva línea, se pueden requerir de accesorios especiales por lo que se hace necesario preverlos con anticipación.
 11. Pruebas hidrostáticas y desinfección.
 12. Tapado de ventanas, reconfiguración del área y puesta en servicio.

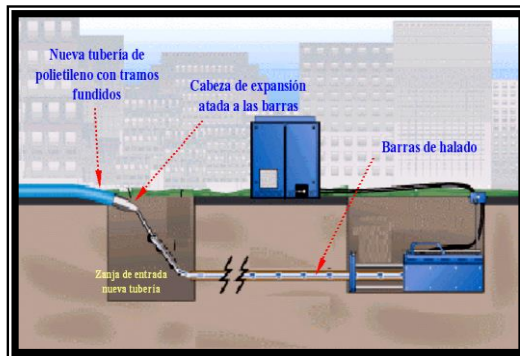
Figura No. 2.3.4. Pipe Bursting – Proceso de Instalación.⁴



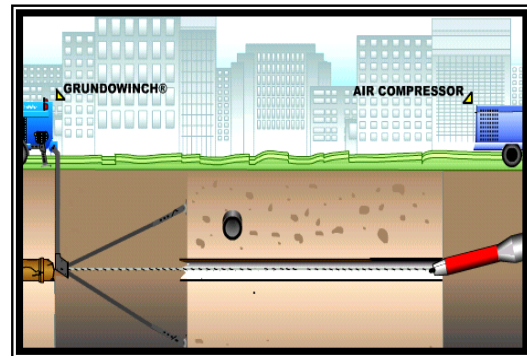
1. Construcción de ventanas



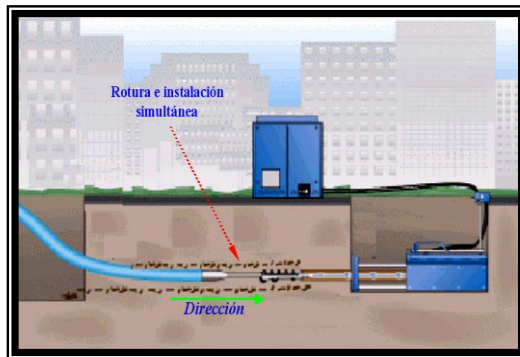
2. Posicionamiento de equipos



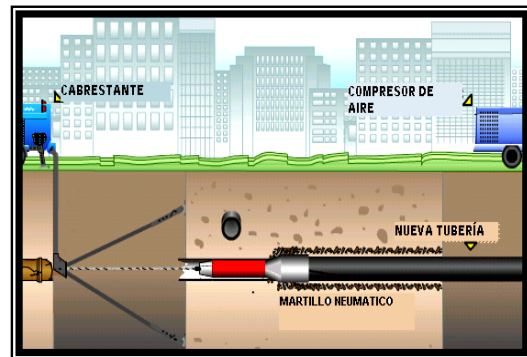
3. Acople tubería cabeza rompedora y equipo de halado.



4. Ingreso del equipo de rotura en la tubería vieja.



5. Rotura tubería existente e instalación tubería nueva.



6. Salida del equipo de rotura.

⁴ www.tttechnologies.com

2.3.4 VENTAJAS DE LA DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).

Entre las principales ventajas que presentan los métodos de renovación de tuberías por el sistema de Pipe Bursting, estático o dinámico, tenemos:

1. Reducción de excavaciones y rotura de calles, andenes o vías, disminuyendo los costos por roturas, remoción de escombros, reemplazo de material de excavación, compactaciones y reparaciones.
2. Mayores rendimientos en la instalación de tuberías, comparado con los métodos tradicionales con excavación en zanja.
3. No se tiene contacto con el interior de las tuberías a instalar, ya que la misma permanece sellada durante la instalación.
4. Se reduce el riesgo potencial de causar daños a otras tuberías adyacentes.
5. Se disminuye el impacto ambiental de la obra, minimizando los daños al entorno, los perjuicios y traumas derivados de la ocupación de vías e interrupción del tráfico.
6. Se reducen los trámites y permisos necesarios para hacer excavaciones.
7. La posibilidad de aumentar los diámetros de las tuberías.

2.3.5 DESVENTAJAS DE LA DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).

Como principales desventajas de este método de renovación de tuberías tenemos:

1. Por el método dinámico se genera gran trepidación o vibraciones que pueden afectar las construcciones vecinas en general, tales como vías, instalaciones de otros servicios o edificaciones.
2. Normalmente se requiere de la construcción de manijas paralelas a las tuberías existentes, antes de suspender el servicio para acometer los trabajos, las cuales deben considerar el diámetro de la tubería y de la manija, con el objeto de establecer si se justifica la posibilidad de uso temporal de la manija para que pueda ser usada en diferentes sectores.
3. Se requiere desconectar todas las salidas laterales antes de iniciar la rotura.

4. Imposibilidad de controlar la compactación generada en el suelo circundante.
5. Si las tuberías a renovar presentan colapso, es necesario hacer excavaciones adicionales en estos sitios, para pasar el cable o las varillas de halado.
6. Los tramos a renovar tienen limitantes en cuanto a los radios mínimos de curvatura que deben existir entre zanjas, los cuales generalmente no deben ser menores a 90 metros.
7. Otra limitante es la impuesta por el tipo de suelo circundante a la tubería, así por ejemplo en suelos expansivos se tiene mayor dificultad de avance de la cabeza de rotura.

2.4. REHABILITACIÓN POR SLIPLINING.

El sistema de rehabilitación conocido como Sliplining, aplicado para tuberías hasta de 158 pulgadas de diámetro (para tuberías segmentadas) y en todas las presiones, consiste en la inserción de tubería, disminuyendo el diámetro existente pero bajo el principio de mantener la misma capacidad hidráulica de transporte de la tubería existente.

La rehabilitación por Sliplining, se diferencia de los métodos de renovación por Pipe Bursting, en que las cargas externas son soportadas por el tubo viejo mientras que en la renovación (Pipe Bursting), las cargas externas son soportadas por el tubo nuevo.

Por este método se requiere de la construcción de dos ventanas y la nueva tubería puede ser deslizada dentro de la tubería existente por dos técnicas básicas, por halado desde el extremo de salida o por empuje desde el extremo de entrada. La selección de cada técnica depende fundamentalmente de las características mecánicas de la nueva tubería, la fricción entre la tubería existente y la nueva y del diámetro de la tubería a insertar. A mayor diámetro mayores serán las fuerzas de fricción y por consiguiente los esfuerzos de halado en la tubería, por lo tanto en ocasiones se recomienda la utilización de ambas técnicas simultáneamente.

Se recomienda rellenar con una mezcla de cemento y bentonita, todo el espacio anular conformado entre la tubería existente y la nueva con el fin de proveer una integridad estructural y además para facilitar el desplazamiento en el momento de la inserción, en la Figura No. 2.4.1 se muestra este proceso. Las longitudes máximas por tramo para inserción de tubería pueden alcanzar hasta los 300 metros y se recomienda usar una ventana de entrada por dos de salida.

Por este método es posible insertar tuberías rígidas o flexibles, dentro de las que generalmente se encuentran PVC, fibra de vidrio reforzada con poliéster -GRP y más recientemente polietileno de alta densidad, HDPE por sus siglas en inglés. El diámetro de la tubería a insertar debe ser lo suficientemente menor para facilitar su ingreso. En términos generales la inserción de tubería, por este método, puede ser aplicada para diámetros hasta 158 pulgadas cuando se trata de inserción discontinua (como se verá en el numeral 2.6), en diámetros hasta 60 pulgadas para inserción continua y la inserción de tuberías espiraladas puede emplearse en diámetros hasta 98 pulgadas.

Figura No. 2.4.1. Método Sliplining – Detalle inserción de tubería y mezcla de bentonita.⁵

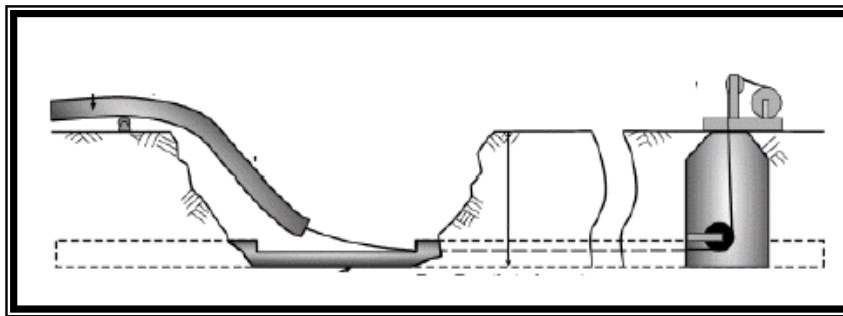


⁵ Catálogo Tracto Technik. Trenchless pipe renewal using de TT Pipe Bursting System.

2.4.1 TÉCNICA DE HALADO DE TUBERÍA.

Esta es utilizada generalmente para insertar tubería de polietileno HDPE, con uniones hechas por termofusión en obra. Una cabeza especial es acoplada en el extremo de la tubería la cual es halada por medio de un cable de acero y un cabrestante (Figura No. 2.4.2). No se recomienda para diámetros grandes y tuberías con paredes pesadas por la gran fuerza que se requiere para causar el desplazamiento, lo que lleva a la utilización de cables gruesos y equipos de halado de gran potencia, además los esfuerzos de tensión a que se sometería la tubería pueden sobrepasar la resistencia a la tracción del material.

Figura No. 2.4.2. Sliplining – Sistema de inserción por halado.⁶

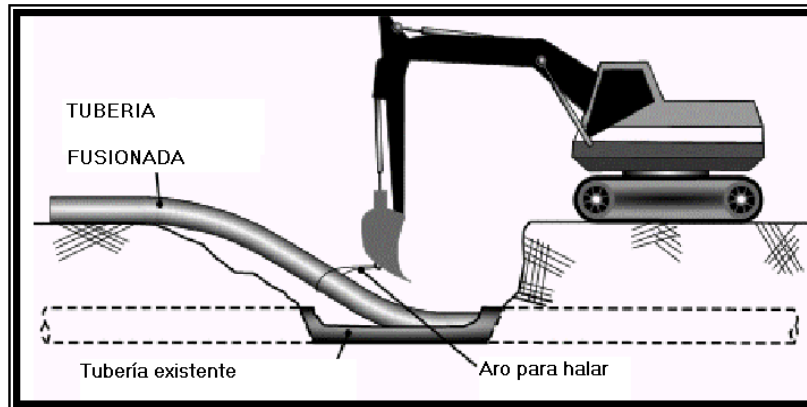


2.4.2 TÉCNICA DE EMPUJE DE TUBERÍA.

Cuando se insertan tuberías de diámetros y espesores grandes, generalmente de PVC rígidas o polietileno HDPE se utiliza esta técnica. El deslizamiento de la tubería nueva dentro de la existente se logra por medio del empuje dado por una retroexcavadora desde la ventana de entrada de la tubería (Figura No. 2.4.3).

⁶ Pipeline Rehabilitation by Sliplining with Polyethylene Pipe. Published by de Plastics Pipe Institute. Febrero/98.

Figura No. 2.4.3. Sliplining – Técnica de empuje para el deslizamiento de tubería.⁷



2.4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA REHABILITACIÓN POR SLIPLINING.

Al igual que en todos los métodos de rehabilitación y para mejores resultados en la utilización del método de inserción por deslizamiento de tuberías, ya sea por halado o empuje, se recomienda antes de acometer cualquier trabajo de campo llevar a cabo una serie de actividades previas, con el fin de planear todos los trabajos, tales como las siguientes:

1. Localización de la zona y tramo a rehabilitar.
2. Identificar material, diámetro y profundidad de la tubería a rehabilitar.
3. Definir el diámetro, tipo de material de la tubería a insertar, su espesor de pared y revisar sus propiedades mecánicas con el fin de determinar la técnica a emplear, halado, empuje o combinada.
4. Definir el tipo de unión a utilizar para la tubería nueva y determinar las fuerzas de empuje o halado con el fin de seleccionar el equipo a utilizar.
5. Revisión y análisis de la capacidad de flujo para la nueva tubería.

⁷ Pipeline Rehabilitation by Sliplining with Polyethylene Pipe. Published by de Plastics Pipe Institute. Febrero/98.

6. Revisar las válvulas, y demás instrumentos con el fin de determinar su reemplazo o no.
7. Definir las alternativas de servicio para las áreas afectadas temporalmente por las obras, se puede requerir de la construcción de manijas paralelas.
8. Ubicación de los lugares donde se puede construir las ventanas de entrada y salida, se recomienda usar una ventana de entrada por dos de salida.
9. Se deben tomar las medidas necesarias para informar a los usuarios sobre las afectaciones al servicio que ocasionen los trabajos.

En cuanto a las actividades de campo típicas y propiamente dichas de un proceso convencional de inserción de tubería por deslizamiento se tienen:

1. Cierre de las líneas o tramos a reemplazar.
2. Construcción de ventanas de entrada y salida de la tubería nueva. Las dimensiones de estas excavaciones dependen fundamentalmente del diámetro y material de la tubería nueva, técnica a emplear, las dimensiones del equipo a utilizar, el tipo de suelo y la profundidad de la tubería existente.
3. Corte de la tubería existente, si es metálica se requiere del equipo de oxicorte.
4. Limpieza del tramo a rehabilitar, utilizando uno de los métodos descritos para tal fin. Con esto se facilita el deslizamiento de la tubería nueva.
5. Inspección del estado de la tubería de manera directa o por cámaras de televisión, con el fin de determinar trabajos adicionales por ovalamientos, desacoples de uniones u otras fallas.
6. Preparación de la tubería nueva, unión de tramos ya sea espigo campana o por termofusión u otros, verificación de las longitudes y fuerzas de halado o empuje según el caso.
7. Inserción de tubería deslizando por halado o empuje la tubería nueva, se debe respetar las longitudes y fuerzas de halado o empuje para no causar daños en la tubería nueva.
8. Conexión de los extremos, accesorios y salidas laterales.
9. Pruebas hidrostáticas y desinfección.
10. Tapado de ventanas, reconformación del área y puesta en servicio.

2.4.3.1 EQUIPO REQUERIDO.

El equipo mínimo requerido para la rehabilitación de tuberías por el método de inserción de tubería por deslizamiento es el siguiente:

1. Equipo de excavación (Retroexcavadoras, en la técnica de empuje también cumple con la función de empujar la tubería).
2. Equipo de limpieza de tubería (raspadores).
3. Rodillos para apoyar y rodar la longitud del tubo a instalar y no arrastrarlo.
4. Rodillos guía de inserción para evitar ralladuras por arrastre.
5. Equipo de halado (cabrestante, guayas, cables, ganchos).
6. Equipo de inyección de mezcla fluida (para facilitar el deslizamiento).
7. Equipo de oxicorte (en caso de tuberías metálica).
8. Planta eléctrica.
9. Herramienta menor.
10. Equipo de seguridad y señalizaciones.

2.4.4 VENTAJAS DEL SLIPLINING.

Entre las ventajas de rehabilitar por el sistema de Sliplining tenemos:

1. Altos rendimientos en la instalación, comparado con la excavación convencional en zanja).
2. No se requiere de abrir zanjas, sólo dos cárcamos por tramo.
3. Utilización del tubo viejo y mejoramiento de la capacidad hidráulica.
4. Mínima alteración del tráfico y los alrededores que se traducen en economías.
5. No se requiere de disponer de materiales excavados.

2.4.5 DESVENTAJAS DEL SLIPLINING.

Como principales desventajas de este método de rehabilitación de tuberías tenemos:

1. Reducción de la sección hidráulica de la tubería, por lo que se hace necesario realizar los respectivos análisis de capacidad de la nueva sección.
2. Se requiere de desconectar todas las salidas laterales antes de iniciar la inserción.
3. No se recomienda para diámetros pequeños, menores de 3 pulgadas por la significativa reducción del diámetro.
4. Si las tuberías a rehabilitar presentan colapso, es necesario hacer excavaciones adicionales en estos sitios, para pasar el cable o las varillas de halado.

2.5. ALTERNATIVAS AL MÉTODO DE SLIPLINING.

Se distinguen dos variantes principales del sistema de inserción por deslizamiento de tuberías o Sliplining: La inserción con reducción simétrica del diámetro, que a su vez presenta dos alternativas el Swagelining y el Rolldown, y la inserción con deformación de la sección transversal de la tubería que se inserta, sin embargo el producto final, en todos los casos, es una tubería nueva y de polietileno HDPE, que esta colocada estrechamente sobre la pared interior de la tubería vieja.

2.5.1 INSERCIÓN POR REDUCCIÓN DE DIÁMETRO.

En este proceso se requiere que la tubería nueva de polietileno HDPE sea reducida simétricamente en su diámetro exterior y en la obra, para permitir que el tubo nuevo pueda ser colocado dentro del viejo. La reducción del diámetro se lleva a cabo por dos técnicas básicas el Swagelining o reducción por calentamiento y el Rolldown o reducción del diámetro en forma mecánica.

2.5.1.1 REDUCCIÓN DEL DIÁMETRO POR SWAGELINING

Por esta técnica la reducción del diámetro de la tubería de polietileno HDPE se hace por medio de un anillo cónico calentado, en la Figura No. 2.5.1 se muestra el esquema de este proceso. La temperatura del anillo es controlada automáticamente a una graduación determinada, para evitar que se altere la calidad de la tubería nueva. El tamaño de la reducción depende del diámetro interior de la tubería vieja, del espesor de la pared y diámetro de la tubería nueva, pero generalmente el diámetro del tubo nuevo se reduce en un 10%. Esta técnica puede ser aplicada en diámetros hasta de 48 pulgadas, debido a que los equipos sólo están disponibles hasta este diámetro.

La reducción del diámetro de la tubería HDPE generalmente se efectúa en el rango del estado elástico del material. Es importante que la colocación de la tubería deformada se realice en forma continua y sin parar, ya que la tracción a la que está sometido el tubo por el halado para su inserción, mantiene la reducción del diámetro; en el momento que la tracción cese el tubo aumenta su diámetro hasta alcanzar su máximo contra la pared del tubo viejo, entonces el tubo nuevo se presiona contra la pared interior del viejo terminando el proceso de reformación.

Figura No. 2.5.1. Swagelining – Esquema reducción del diámetro por temperatura.⁸



⁸ Swagelining renews potable water transmission lines.

2.5.1.2 REDUCCIÓN DEL DIÁMETRO POR ROLLDOWN.

Por esta técnica la reducción del diámetro se realiza mediante una unidad mecánica de rodillos (Figura No. 2.5.2). La tubería también recupera su forma inicial una vez la tensión de halado se retire. Al igual que en la técnica de Swagelining el único material utilizado para la fabricación de la tubería nueva es el polietileno HDPE, por sus características térmicas, mecánicas y la facilidad y seguridad de sus uniones por termofusión. Esta técnica puede ser aplicada a diámetros hasta 24 pulgadas, debido a que los equipos sólo están disponibles hasta este diámetro.

Figura No. 2.5.2. Rolldown – Equipo reducción del diámetro por rodillos.⁹



Para ambos casos Swagelining o Rolldown, la longitud de un tramo de tubería a rehabilitar puede alcanzar los 1000 metros y se requiere hacer dos excavaciones en los extremos. Durante la inserción de la tubería de polietileno HDPE, se pueden usar inyecciones de mezcla de bentonita y cemento para facilitar el avance.

Si no existen alternativas de servicio para el tramo a intervenir se requerirá de la construcción de manijas y la conexión de todas las salidas laterales del tramo a rehabilitar a esta nueva manija. Se recomienda dejar la manija de forma definitiva, una vez se terminen los trabajos de rehabilitación, con el fin de eliminar varias salidas en diámetros pequeños directamente sobre el tubo rehabilitado.

⁹ Swagelining renews potable water transmission lines.

Para cualquiera de estas dos técnicas de rehabilitación por reducción de diámetro, Swagelinig o Rolldown, se recomienda realizar las siguientes, actividades previas a la ejecución de los trabajos de campo:

1. Localización del tramo a rehabilitar.
2. Investigación sobre alternativas de servicio en el sector intervenido. Se puede requerir de la construcción de manijas.
3. Ubicación de los sitios para la construcción de ventanas de entrada y salida, se recomienda usar una ventana de entrada por dos de salida.
4. Inspección de los accesorios para determinar su reemplazo o no.
5. Revisión de las condiciones hidráulicas actuales y futuras del tramo a intervenir, ya que se reducirá su sección y se modificará el coeficiente de fricción por el cambio de material.
6. Se deben tomar las medidas necesarias para informar a los usuarios sobre las afectaciones al servicio que ocasionen los trabajos.

2.5.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO POR SWAGELINING O ROLLDOWN.

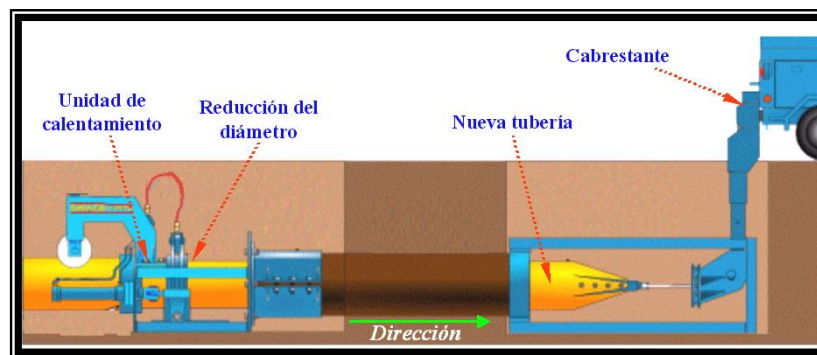
En términos generales las actividades típicas para llevar a cabo el trabajo de rehabilitación por inserción de tubería continua de polietileno HDPE con reducción de diámetro por cualquiera de la dos técnicas, son:

1. Construcción de manijas si se requieren.
2. Aislamiento del tramo a rehabilitar con localización de todos los accesorios e instrumentación.
3. Apertura de ventanas en los extremos a rehabilitar. Se recomienda utilizar una ventana de entrada por dos de salida.
4. Retiro de los accesorios para su rehabilitación o cambio, dependiendo del tramo en particular y del estado de los accesorios, su retirada puede ser antes o después de la limpieza.

5. Limpieza interior de la tubería por medio de chorro de agua o raspadores, se deben seguir los procedimientos descritos para este fin.
6. Inspección del estado de la tubería de manera directa o por cámaras de televisión, con el fin de determinara trabajos adicionales por ovalamientos, desempates de juntas u otras fallas.
7. Instalación del cabrestante para halado de la tubería y del cono reductor de diámetro o equipo mecánico de reducción de diámetro según el caso.
8. Preparación de la tubería nueva, se realizan las uniones de los tubos hasta conformar una tubería continua de longitud igual al tramo a rehabilitar.
9. Inserción de tubería, se pueden requerir de la inyección de mezcla bentonítica para facilitar el deslizamiento.
10. Conexión de los extremos, accesorios y salidas laterales, se puede requerir de accesorios adicionales para su conexión a la tubería nueva, por lo que es necesario preverlos con anticipación.
11. Pruebas hidrostáticas y desinfección.
12. Tapado de ventanas, re conformación del área y puesta en servicio, el cual puede ser reestablecido después de 24 horas de insertada la tubería y una vez hechas todas las conexiones laterales.

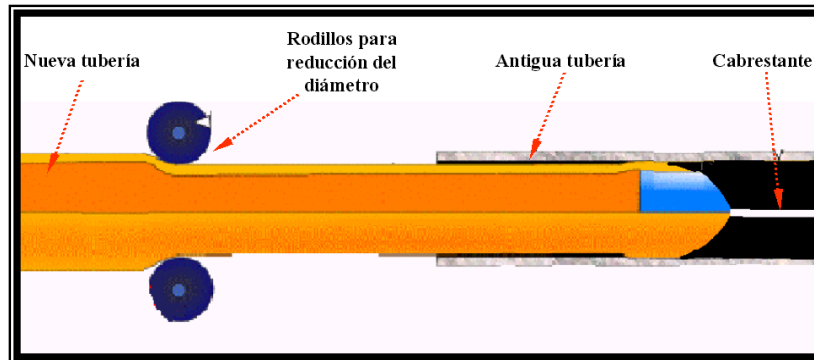
En las Figuras No. 2.5.3 y 2.5.4 se presentan los esquemas del proceso de instalación para las técnicas Swagelining y Rolldown.

Figura No. 2.5.3. Swagelining – Esquema proceso de instalación.¹⁰



¹⁰ Swagelining. TM. Terry Enga – BG Technology. Houston USA.

Figura No. 2.5.4. Rolldown – Esquema proceso de instalación.¹¹



2.5.1.4 EQUIPO REQUERIDO.

El equipo mínimo requerido para la rehabilitación de tuberías por el método de inserción de tubería continua con reducción del diámetro es el siguiente:

1. Equipo de excavación (Retroexcavadoras).
2. Rodillos para apoyar y rodar la longitud del tubo a instalar y no arrastrarlo.
3. Equipo de termo fusión de acuerdo al diámetro de la tubería a insertar o herramientas para *pegue* de tubería.
4. Rodillos guía de inserción para evitar ralladuras por arrastre.
5. Equipo de halado (malacate, guayas, cables, ganchos).
6. Equipo de aplicación de mezcla fluida.
7. Equipo de oxicorte en caso de tuberías metálicas.
8. Planta eléctrica.
9. Herramienta menor.
10. Equipo de seguridad y señalizaciones.

2.5.1.5 VENTAJAS DE LA INSERCIÓN CON REDUCCIÓN DE DIÁMETRO.

¹¹ www.pimcorp.com

Entre las ventajas de rehabilitar por este sistema tenemos:

1. Rendimientos, se pueden alcanzar hasta 500 metros por día en tubería de 48 pulgadas.
2. No se requiere de abrir zanjas, sólo dos cárcamos por tramo, disminuyendo los costos por alteraciones de tráfico.
3. Utilización del tubo viejo y mejoramiento de la capacidad hidráulica.
4. La sección transversal de la tubería se reduce mucho menos que en el método de inserción por deslizamiento sin deformación.
5. No se requiere de transporte de material excavado.

2.5.1.6 DESVENTAJAS DE LA INSERCIÓN CON REDUCCIÓN DE DIÁMETRO.

Como principales desventajas de este método de rehabilitación de tuberías tenemos:

1. Se requiere de más equipo especializado, para realizar la reducción de diámetro, que en el método convencional de inserción por deslizamiento.
2. No se recomienda para diámetros menores de 3 pulgadas por la reducción de la sección que se obtiene, para estos casos se pueden obtener buenos resultados si se hace un reemplazo incluso con la posibilidad de aumentar el diámetro.
3. Si las tuberías a rehabilitar presentan colapso, es necesario hacer excavaciones adicionales en estos sitios, para pasar el cable de halado.

2.5.2 INSERCIÓN CON DEFORMACIÓN DEL DIÁMETRO.

En este método de rehabilitación de tubería por inserción, la tubería nueva es sometida a una deformación de su sección transversal, generalmente por doblado en forma de "H", de "C" o achatamiento, en la Figura No. 2.5.5 se muestran algunas formas típicas de las secciones. El doblamiento de la tubería nueva facilita su ingreso y deslizamiento sobre la tubería existente. Una vez la tubería ha sido insertada se procede a su presurización con

el fin de que recobre su forma original y se adhiera a las paredes de la tubería vieja, mejorando sus condiciones hidráulicas. Se conocen dos variantes dentro de este método que son el Subliner y el Ultraliner.

Figura No. 2.5.5. Método deformación de diámetro – Formas típicas de las secciones.¹²



Forma en H,



Forma en C,



Forma en C,



Forma achatada,

2.5.2.1 TÉCNICA DE SUBLINER.

Por medio de esta técnica se insertan tuberías de polietileno estándar de espesores delgados, las cuales no necesitan calentamiento para su inserción. La nueva tubería crea una superficie de sello sobre la pared interior de la tubería existente. Generalmente el tipo de deformación utilizada para la tubería nueva es en forma de "C". Una vez instalada la tubería esta es presurizada hasta estirarse y adherirse a la pared de la tubería existente, cerrando las fugas presentes. Las tuberías de polietileno estándar para esta técnica se fabrican en diámetros hasta de 60 pulgadas.

2.5.2.2 TÉCNICA DE ULTRALINER.

¹² www.pimcorp.com , www.ultraliner.com y www.instituform.com

Las tuberías utilizadas para esta técnica son de PVC, y generalmente la deformación se hace en forma achatada, de "H" o "C" y se requiere de precalentamiento para su inserción. Las tuberías deformadas en forma achatada se fabrican en diámetros hasta de 24 pulgadas y permiten longitudes continuas de instalación hasta de 300 metros. Las tuberías deformadas en forma de H se fabrican para diámetros mayores a 15 pulgadas y permite longitudes de instalación hasta de 150 metros. Las tuberías vienen en rollos de longitud variable, para facilitar el transporte a la obra.

2.5.2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO POR DEFORMACIÓN DE DIÁMETRO.

Una vez cumplidas las actividades previas, descritas para la rehabilitación con reducción de diámetro, se relacionan las actividades básicas a ejecutar para adelantar un proceso de rehabilitación por inserción de tubería con deformación de la sección (Figura No. 2.5.6):

1. Construcción de manijas si se requieren, es decir si no hay alternativas de servicio durante el tiempo que duran los trabajos.
2. Aislamiento del tramo a rehabilitar con localización de todos los accesorios e instrumentación.
3. Apertura de ventanas en los extremos a rehabilitar. Se recomienda utilizar una ventana de entrada por dos de salida.
4. Retiro de los accesorios para su rehabilitación o cambio.
5. Limpieza interior de la tubería por medio de chorro de agua o raspadores, se deben seguir los procedimientos descritos para tal fin.
6. Inspección del estado de la tubería de manera directa o por cámaras de televisión, con el fin de determinar trabajos adicionales por ovalamientos, desempates de juntas u otras fallas.
7. Instalación y posicionamiento de los equipos para inserción (halado) y deformación a temperatura ambiente (Subliner) o calentamiento (ultraliner).

8. Inserción de tubería, si es por Ultraliner se requiere precalentar la tubería, si es Subliner la deformación se logra mecánicamente y se mantiene por medio de zunchos o correas hasta terminar la instalación.
9. Una vez terminada la instalación, por cualquiera de las dos técnicas, la tubería se presuriza para que se expanda y se adhiera a las paredes de la tubería existente. En el caso de la deformación mecánica, los zunchos se diseñan de tal forma que se rompan al expandirse la tubería insertada.
10. Conexión de los extremos, accesorios y salidas laterales, si se han construido manijas se recomienda dejarlas de manera permanente para disminuir el número de salidas laterales en la tubería rehabilitada..
11. Se recomienda finalmente inspeccionar la tubería rehabilitada por medio de una cámara de video.
12. Tapado de ventanas, reconformación del área y puesta en servicio.

2.5.2.4 EQUIPO REQUERIDO.

Para la inserción de tubería por deformación se utiliza básicamente el mismo equipo empleado para la inserción por deslizamiento convencional, ver numeral 2.4.3.1., el único equipo adicional requerido es el equipo de doblado en el caso de Subliner y el calentamiento en el caso de Ultraliner.

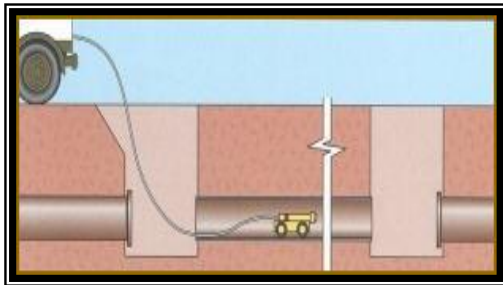
2.5.2.5 VENTAJAS DE LA REHABILITACIÓN CON DEFORMACIÓN.

Entre las ventajas que se obtienen con este método tenemos:

1. Bajo costo para la rehabilitación de tuberías que aún cuentan con adecuada capacidad estructural.
2. La reducción de la sección transversal de la tubería es mínima.
3. Reducción de costos por impacto urbano y afectaciones a terceros.
4. Reducción del volumen de excavaciones.

5. No se requiere de rellenar el espacio anular entre las tuberías.
6. Buenos rendimientos de instalación.
7. No es necesario disponer del material de excavación, el mismo se utiliza para rellenar las ventanas.

Figura No. 2.5.6. Procedimiento deformación por diámetro.¹³



1. Construcción ventanas e ingreso de cable de halado.



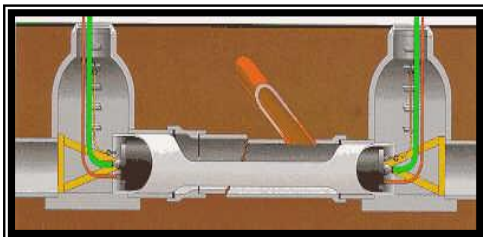
2. Deformación Subliner



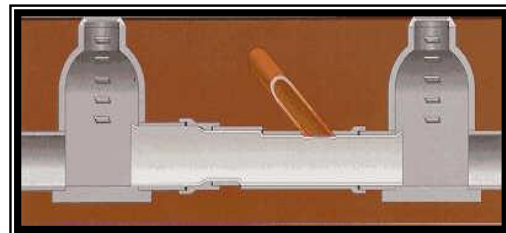
3. Deformación Ultraliner.



4. Proceso de inserción de la tubería.



5. Proceso de presurizado de la tubería con vapor



6. Detalle final de la tubería rehabilitada

¹³ www.ultraliner.com y www.subliner.com

2.5.2.6 DESVENTAJAS DE LA INSERCIÓN CON DEFORMACIÓN.

Entre las desventajas de usar este método tenemos:

1. Se requiere de maquinaria más especializada en comparación con los métodos de inserción convencional por deslizamiento.
2. Se requiere que la tubería existente tenga adecuadas condiciones de soporte estructural.
3. Solamente se utilizan tuberías de PVC y polietileno.
4. Si la tubería existente está colapsada no se puede adelantar la instalación.

2.6. INSERCIÓN DE TUBERÍA DISCRETA.

El método consiste en insertar dentro de la tubería existente, una camisa formada por tubos cortos generalmente PVC, acero o Polietilenos PE, unidos dentro de la ventana de trabajo, para formar un revestimiento continuo dentro de la tubería existente. El método es aplicable a tuberías viejas entre 16 y 86 pulgadas.

Para instalar el revestimiento se coloca en la ventana de salida el tubo corto inicial del revestimiento, siendo empujado mediante gatos hacia el interior de la tubería existente, luego se baja el segundo tramo de tubería, se suelda al primero y se continua empujando hacia el interior para dar espacio al siguiente tramo y así se continua hasta terminar la labor de revestimiento.

Usualmente se requiere de un relleno anular con mezcla fluida de mortero de cemento entre la tubería insertada y la tubería existente, este relleno fija la tubería insertada evitando movimientos perjudiciales.

Para la realización del trabajo de rehabilitación se requiere suspender el flujo a través del tramo a reparar; si no existen alternativas de servicio esto afectara la prestación del mismo en las zonas abastecidas por el tramo y aguas abajo del lugar de inserción,

entonces se hace necesario construir una manija paralela a la línea existente y cuyo objetivo es solucionar los problemas de servicio, pues todas las salidas laterales de redes menores que salgan de la tubería existente deben quedar conectadas a la manija instalada. Esta manija debe quedar definitiva, una vez se terminen los trabajos de rehabilitación, logrando de esta forma eliminar varias salidas en diámetros pequeños directamente sobre el tubo rehabilitado.

Previo a la inserción de tubería, se debe limpiar completamente la línea existente, inspeccionarla en su totalidad, desconectar las líneas laterales y retirar las válvulas que se requiera para no entorpecer el desplazamiento del inserto.

Se recomienda realizar las siguientes actividades previas a la ejecución de los trabajos:

1. Localización del tramo a rehabilitar.
2. Investigación sobre alternativas de servicio en el sector intervenido. Se puede requerir de la construcción de manijas.
3. Ubicación de los sitios para la construcción de ventanas de entrada y salida.
4. Inspección de los accesorios para determinar su reemplazo o no.
5. Se deben tomar las medidas necesarias para informar a los usuarios sobre las afectaciones al servicio que ocasionen los trabajos.

2.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN DISCRETA.

A continuación se describen las actividades típicas a realizar en la rehabilitación de un tramo de tubería por el método de la inserción de tubería discreta:

1. Construir la manija de by-pass y hacer todas las conexiones requeridas para no causar suspensiones del servicio.
2. Aislamiento del tramo a intervenir.
3. Excavación para las ventanas de entrada y llegada. Se recomienda utilizar una ventana de entrada por dos de salida.

4. Limpieza del interior de la tubería existente por medio de raspadores o chorro de agua.
5. Inspección detallada el interior de la tubería existente, directamente o por medio de cámaras de video, para determinar posibles trabajos adicionales ocasionados por ovalamiento excesivo de los tubos o por cualquier otra causa.
6. Retiro de la válvulas, las purgas, ventosas, salidas para pitómetro para su rehabilitación o cambio según su estado de deterioro.
7. Inserción de tubería. Se debe inyectar en el espacio anular entre la camisa y la tubería existente una mezcla de mortero fluido, que permite el centrado del inserto dentro de la tubería existente. Se debe controlar la presión y velocidad de inyección del mortero para evitar problemas de sumaduras por sobre presión en el inserto de rehabilitación; presentado este caso se debe reparar el daño.
8. Terminado el proceso de encamisado se completan las uniones o juntas dentro de las ventanas de trabajo, se instalan las válvulas sobre la línea, se ejecutan las conexiones a ventosas, purgas o pitómetros.
9. Se limpia la tubería insertada, se practica prueba de estanqueidad y se desinfecta.
10. Se pone en funcionamiento el tramo rehabilitado conjuntamente con la manija instalada. En esta forma el tramo rehabilitado trabaja sin salidas laterales para redes pues estas están abastecidas por la manija.
11. Se limpia y reconforma el área de ventanas y se reinicia el trabajo en frentes adelante.

Cuando se emplea tubería de acero para este método de rehabilitación, la pega de los tubos se hace dentro de la tubería existente, no se requiere equipo de empuje, pero si se requiere equipo de traslado de la tubería de la ventana al frente de instalación dentro del tubo. Durante la ejecución de las soldaduras se debe tener una adecuada ventilación al interior de la zona de trabajo.

2.6.1.1 EQUIPO REQUERIDO:

El equipo mínimo requerido para adelantar el trabajo de rehabilitación por inserción discreta de tubería es el siguiente:



1. Equipo de excavación (retroexcavadoras), cargue y transporte de materiales.
2. Equipo de empuje formado por gatos hidráulicos con las extensiones correspondientes.
3. Equipo de termo fusión de acuerdo al diámetro de la tubería a insertar o herramientas para hacer las uniones de las tuberías.
4. Plantas eléctricas.
5. Equipo de oxicorte.
6. Equipo de soldadura eléctrica, según tipo de tubería a instalar.
7. Equipo de inyección de mezcla fluida.
8. Grúas para la bajada de tubos, en caso de tuberías livianas se hará con la retroexcavadora.
9. Herramienta menor.
10. Equipo de seguridad y señalizaciones.

2.6.2 VENTAJAS DE LA INSERCIÓN DE TUBERÍA DISCRETA.

La rehabilitación de tuberías por este método presenta las siguientes ventajas:

1. Se minimizan las excavaciones, sólo se requiere de la apertura de dos ventanas, una de entrada y una de salida.
2. Reducción de los costos por rotura de pavimentos, andenes, remoción de escombros, reemplazo de material, compactaciones y rellenos.
3. Reducción del riesgo de causar daños a tuberías existentes.
8. Se disminuye el impacto ambiental de la obra, minimizando los daños al entorno, los perjuicios y traumas derivados de la ocupación de vías e interrupción del tráfico.
9. Se reducen los trámites y permisos necesarios para hacer excavaciones.

2.6.3 DESVENTAJAS DE LA REHABILITACIÓN POR INSERCIÓN DISCRETA.

La rehabilitación de tuberías por este método presenta las siguientes desventajas:

1. Reducción considerable del diámetro, especialmente si el inserto es de acero.
2. Se tiene contacto con el interior de la tubería nueva que de no tenerse los cuidados respectivos pueden ocasionarse daños.
3. Se pueden tener menores rendimientos de instalación, con relación a los otros métodos de inserción.

TABLA DE CONTENIDO

2.	TÉCNICAS PARA REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS	2-1
2.1.	REHABILITACIÓN POR LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	2-1
2.1.1	<i>LIMPIEZA MECÁNICA.</i>	2-1
2.1.1.1	Descripción del procedimiento de rehabilitación por limpieza con raspadores.	2-2
2.1.1.2	Equipo requerido.	2-3
2.1.2	<i>LIMPIEZA HIDROMECÁNICA.</i>	2-4
2.1.2.1	Descripción del procedimiento de limpieza con chorro de agua.....	2-4
2.1.2.2	Equipo requerido	2-5
2.1.3	<i>VENTAJAS DE LA LIMPIEZA DE TUBERÍA</i>	2-6
2.1.4	<i>DESVENTAJAS DE LA LIMPIEZA DE TUBERÍAS.</i>	2-7
2.1.5	<i>OTROS MÉTODOS DE LIMPIEZA.</i>	2-7
2.2.	REHABILITACIÓN POR APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO INTERIOR.....	2-8
2.2.1	<i>REVESTIMIENTO CON MORTERO CENTRIFUGADO.</i>	2-8
2.2.1.1	Procedimiento para la aplicación del mortero centrifugado.	2-9
2.2.1.2	Ventajas de la aplicación del mortero centrifugado.	2-10
2.2.1.3	Desventajas de la aplicación de mortero centrifugado.	2-10
2.2.2	<i>OTROS TIPOS DE REVESTIMIENTOS.</i>	2-11
2.2.2.1	tratamientos químicos	2-11
2.2.2.2	revestimiento con tubería formada en sitio	2-11
2.2.2.3	revestimientos epóxicos	2-12
2.3.	RENOVACIÓN POR DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).....	2-13
2.3.1	<i>MÉTODO ESTÁTICO.</i>	2-15
2.3.1.1	Equipo Requerido.....	2-16
2.3.2	<i>MÉTODO DINÁMICO O COMBINADO.</i>	2-16
2.3.2.1	Equipo Requerido.....	2-17
2.3.3	<i>DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA REHABILITACIÓN POR DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).</i>	2-18
2.3.4	<i>VENTAJAS DE LA DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).</i>	2-22
2.3.5	<i>DESVENTAJAS DE LA DESTRUCCIÓN DE TUBERÍA (PIPE BURSTING).</i>	2-22
2.4.	REHABILITACIÓN POR SLIPLINING.	2-23
2.4.1	<i>TÉCNICA DE HALADO DE TUBERÍA.</i>	2-25

2.4.2	TÉCNICA DE EMPUJE DE TUBERÍA.....	2-25
2.4.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA REHABILITACIÓN POR SLIPLINING..	2-26
2.4.3.1	Equipo requerido.....	2-28
2.4.4	VENTAJAS DEL SLIPLINING.....	2-28
2.4.5	DESVENTAJAS DEL SLIPLINING.....	2-29
2.5.	ALTERNATIVAS AL MÉTODO DE SLIPLINING.....	2-29
2.5.1	INSERCIÓN POR REDUCCIÓN DE DIÁMETRO.....	2-29
2.5.1.1	Reducción del diámetro por Swagelining.....	2-30
2.5.1.2	Reducción del diámetro por Rolldown.....	2-31
2.5.1.3	Descripción del procedimiento por Swagelining o Rolldown.....	2-32
2.5.1.4	Equipo requerido.....	2-34
2.5.1.5	Ventajas de la inserción con reducción de diámetro.....	2-34
2.5.1.6	Desventajas de la inserción con reducción de diámetro.....	2-35
2.5.2	INSERCIÓN CON DEFORMACIÓN DEL DIÁMETRO.....	2-35
2.5.2.1	Técnica de Subliner.....	2-36
2.5.2.2	Técnica de Ultraliner.....	2-36
2.5.2.3	Descripción del procedimiento por deformación de diámetro.....	2-37
2.5.2.4	Equipo requerido.....	2-38
2.5.2.5	Ventajas de la rehabilitación con deformación.....	2-38
2.5.2.6	Desventajas de la inserción con deformación.....	2-40
2.6.	INSERCIÓN DE TUBERÍA DISCRETA.....	2-40
2.6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN DISCRETA.....	2-41
2.6.1.1	Equipo requerido:.....	2-42
2.6.2	VENTAJAS DE LA INSERCIÓN DE TUBERÍA DISCRETA.....	2-43
2.6.3	DESVENTAJAS DE LA REHABILITACIÓN POR INSERCIÓN DISCRETA.....	2-44

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura No. 2.3.1. Método de Pipe Bursting - Detalle fractura e instalación de tubería.</i>	<i>2-14</i>
<i>Figura No. 2.3.2. Pipe Bursting Estático - Esquema General de Instalación.</i>	<i>2-15</i>
<i>Figura No. 2.3.3. Pipe Bursting Dinámico - Esquema General de Instalación.</i>	<i>2-17</i>
<i>Figura No. 2.3.4. Pipe Bursting – Proceso de Instalación.</i>	<i>2-21</i>
<i>Figura No. 2.4.1. Método Sliplining – Detalle inserción de tubería y mezcla de bentonita.</i>	<i>2-24</i>
<i>Figura No. 2.4.2. Sliplining – Sistema de inserción por halado.</i>	<i>2-25</i>
<i>Figura No. 2.4.3. Sliplining – Técnica de empuje para el deslizamiento de tubería.</i>	<i>2-26</i>
<i>Figura No. 2.5.1. Swagelining – Esquema reducción del diámetro por temperatura.</i>	<i>2-30</i>
<i>Figura No. 2.5.2. Rolldown – Equipo reducción del diámetro por rodillos.</i>	<i>2-31</i>
<i>Figura No. 2.5.3. Swagelining – Esquema proceso de instalación.</i>	<i>2-33</i>
<i>Figura No. 2.5.4. Rolldown – Esquema proceso de instalación.</i>	<i>2-34</i>
<i>Figura No. 2.5.5. Método deformación de diámetro – Formas típicas de las secciones.</i>	<i>2-36</i>
<i>Figura No. 2.5.6. Procedimiento deformación por diámetro.</i>	<i>2-39</i>