

TABLA DE CONTENIDO

7.	TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN.....	7-1
7.1.	DEFINICIONES	7-1
7.1.1	REHABILITACIÓN	7-1
7.1.1.1	Mantenimiento	7-1
7.1.1.2	Reparación.....	7-2
7.1.1.3	Renovación	7-2
7.1.1.4	Reemplazo:.....	7-2
7.2.	MÉTODOS DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS A PRESIÓN.....	7-2
7.2.1	REHABILITACIÓN POR LIMPIEZA DE TUBERÍAS EXISTENTES.....	7-3
7.2.2	REHABILITACIÓN POR APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	7-3
7.2.3	REHABILITACIÓN POR INSERCIÓN DE TUBERÍAS.....	7-4
7.2.3.1	Inserción de tubería continua.....	7-4
7.2.3.2	Inserción de tubería discontinua.....	7-5
7.2.3.3	Inserción de tubería continua parcialmente reducida.....	7-6
7.2.3.4	Equipo requerido para inserción.....	7-6
7.2.4	REHABILITACIÓN POR REEMPLAZO SUBTERRÁNEO DE TUBERÍAS.....	7-7
7.2.4.1	Perforación horizontal con hinca por empuje de tubos de acero.....	7-7
7.2.4.2	Perforación dirigida.....	7-8
7.2.5	INSTALACIÓN EN ZANJA.....	7-9
7.2.6	RESUMEN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA TIBITOC-CASABLANCA (Ø 78").....	7-10
7.2.7	VALORACIÓN DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN APLICABLES.....	7-13
7.2.7.1	Condiciones de acceso a la tubería existente	7-14
7.2.7.2	Problemas constructivos.....	7-14
7.2.8	CONCLUSIONES.....	7-15

INDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica No. 7.2.1. Inserción de tubería continua.....</i>	<i>7-5</i>
<i>Gráfica No. 7.2.2. Inserción de tubería discontinua</i>	<i>7-6</i>
<i>Gráfica No. 7.2.3. Inserción de tubería continua parcialmente reducida</i>	<i>7-7</i>
<i>Gráfica No. 7.2.4. Perforación horizontal con hinca por empuje de tubos de acero</i>	<i>7-8</i>
<i>Gráfica No. 7.2.5. Perforación dirigida</i>	<i>7-9</i>

7. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN

7.1. DEFINICIONES

Las normas para rehabilitación de tuberías, presentan en sus primeros apartes, las definiciones de términos sobre las cuales se desarrollan los temas de rehabilitación.

A continuación se hace referencia a las normas consultadas y se relacionan las definiciones dadas en ellas.

- ISO TR 11295 (1992): Techniques for rehabilitation of pipeline systems by the use of plastics pipes and fittings.
- prEN 13689 (2000) – EUROPEAN STANDARD: Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.

Las definiciones presentadas en las normas mencionadas son::

7.1.1 REHABILITACIÓN

Por rehabilitación se entiende la aplicación de todas las medidas que se tomen para sostener o mejorar el desempeño de los sistemas de tuberías existentes; comprende actividades de mantenimiento, de reparación, de renovación y de reemplazo.

7.1.1.1 MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento es mantener el buen desempeño de los sistemas de tubería

existente, con trabajos como inspección, limpieza.

7.1.1.2 REPARACIÓN

El aplicar una técnica de reparación busca la rectificación de un daño localizado, como el sellado de fugas en las juntas.

7.1.1.3 RENOVACIÓN

La renovación busca mejorar el desempeño de tuberías existentes mediante la inserción de tuberías prefabricadas, estas tuberías insertadas tienen el mismo recorrido de las tuberías existentes y comparten con ellas la responsabilidad de estanqueidad y de soporte de cargas externas.

7.1.1.4 REEMPLAZO:

Es el mejoramiento de un sistema de tubería existente; mediante la instalación de un nuevo sistema de tubería que puede compartir el mismo corredor original, pero que es totalmente autónoma en soportar presiones internas y cargas externas,

7.2. MÉTODOS DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS A PRESIÓN.

Para la rehabilitación de tuberías a presión y diámetros mayores de 16", se tienen varios métodos, que se pueden agrupar en cinco categorías como se muestra a continuación:

TIPO DE REHABILITACIÓN	CATEGORÍA
MANTENIMIENTO	Rehabilitación por limpieza de tuberías existentes.
	Rehabilitación por aplicación de recubrimientos
RENOVACIÓN	Rehabilitación por inserción de tuberías
REEMPLAZO	Rehabilitación por reemplazo subterráneo de tuberías.
MÉTODO CONVENCIONAL	Instalación en zanja

Las metodologías y características principales de cada una de ellas son las siguientes:

7.2.1 REHABILITACIÓN POR LIMPIEZA DE TUBERÍAS EXISTENTES.

Es un paso fundamental en la mayoría de los proyectos de rehabilitación de redes, que se puede realizar mediante raspadores mecánicos, raspadores impulsados por agua, chorro de agua a presión.

Este proceso permite eliminar las tuberculizaciones en las tuberías de fundición gris por ejemplo. Para este proceso se debe contar con almacenamientos suficientes de agua, lo mismo que con líneas de manejo tanto del agua utilizada como de los residuos sólidos propios de la limpieza.

Este proceso es compatible con todo tipo de material del que esté fabricada la tubería existente.

Se debe tener en cuenta que este método de rehabilitación no repara fugas ni por el cuerpo ni por las juntas, tampoco aporta mejora en el soporte estructural de la tubería existente; su única función es restablecer el área de paso del fluido transportado.

7.2.2 REHABILITACIÓN POR APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.

La aplicación de recubrimientos protectores en la superficie interior de las líneas de

suministro de agua, es uno de los más comunes y efectivos métodos de rehabilitación usados hasta ahora.

Los recubrimientos aplicados pueden ser de barrera como las pinturas epóxicas, de protección química como los fosfatados y los carbonatos de calcio y pueden ser combinados como el caso del mortero de cemento. Este método previene las superficies interiores de ataques corrosivos pero no aportan ningún refuerzo al soporte de cargas de presión o de relleno de la tubería existente.

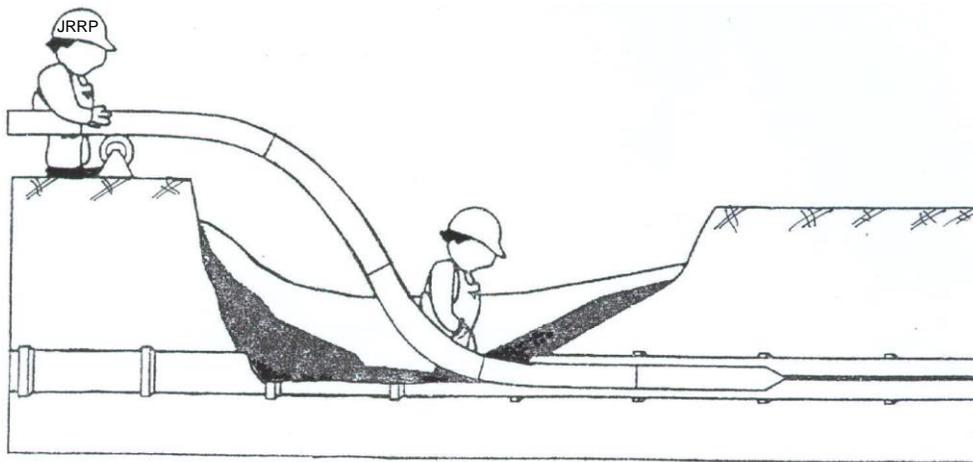
7.2.3 REHABILITACIÓN POR INSERCIÓN DE TUBERÍAS.

En términos generales, éstos métodos de rehabilitación consisten en introducir en la tubería existente una cubierta interior de material plástico o metálico, que según las condiciones, puede ser independiente cuando soporta toda la responsabilidad por las cargas de presión y relleno, o puede ser interactuante cuando soporta presión interna y cargas externas compartiendo la responsabilidad con la tubería existente. La ventaja que ofrecen estos métodos, es que no se requiere excavar en toda la longitud de la tubería, solo se afectan las zonas donde se ubiquen las ventanas de trabajo, estas metodologías disminuyen la polución, la contaminación sonora y la incomodidad de los vecinos.

Los principales métodos de rehabilitación de tuberías de presión, dentro de esta categoría son:

7.2.3.1 INSERCIÓN DE TUBERÍA CONTINUA.

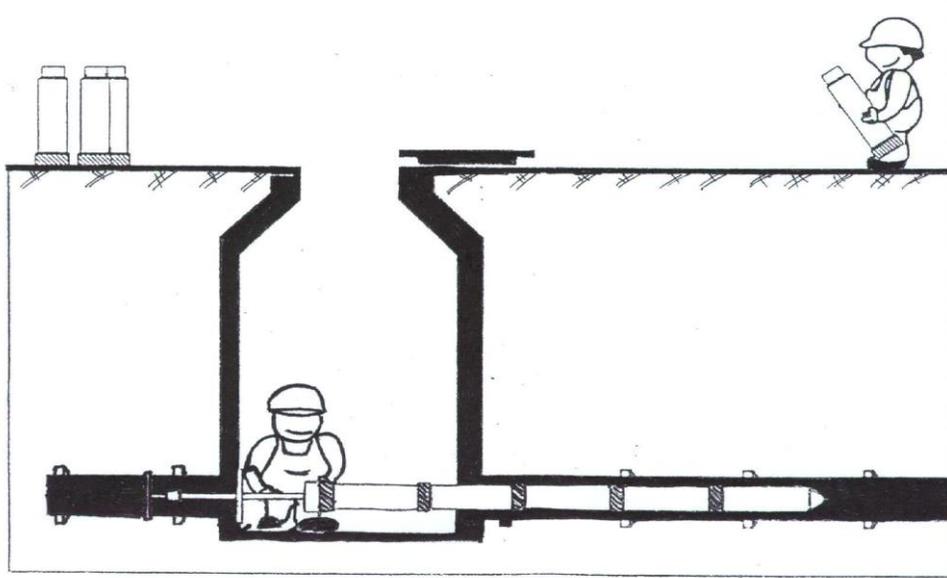
Aplicable en conducciones a presión; consiste en insertar dentro de la tubería existente una tubería continua con pegues estancos y en tramos largos; se emplean tuberías de polietileno, polipropileno o PVC; se puede presentar disminución notoria del diámetro original; se requiere colocar mortero anular para la fijación de la tubería de rehabilitación; aplicable por recomendación de norma hasta 60" de diámetro. (Ver Gráfica No. 7.2.1).



Gráfica No. 7.2.1. Inserción de tubería continua

7.2.3.2 INSERCIÓN DE TUBERÍA DISCONTINUA.

Se emplea en conducciones a presión; consiste en insertar dentro de la tubería existente, tramos cortos de tubería de rehabilitación; es un proceso que requiere insertar tubo a tubo horizontalmente; se emplea material plástico como polietileno, polipropileno, PVC o material metálico como acero; los materiales plásticos se pegan con soldaduras químicas o por termofusión; en las rehabilitaciones con tubería de acero, las juntas van soldadas con soldaduras por arco eléctrica y son interiores; cuando la rehabilitación es metálica, se requiere aplicar un recubrimiento interior a la tubería de rehabilitación; con este método hay una apreciable reducción en el diámetro original de la tubería existente; se debe aplicar un mortero de relleno, para centrar la tubería de rehabilitación; igual que en la tubería continua, la tubería de rehabilitación puede soportar todas las cargas internas y externas o soportar las presiones y reforzando la tubería existente; este método es aplicable por recomendación de norma hasta 154" de diámetro. (Ver Gráfica No. 7.2.2).



Gráfica No. 7.2.2. Inserción de tubería discontinua

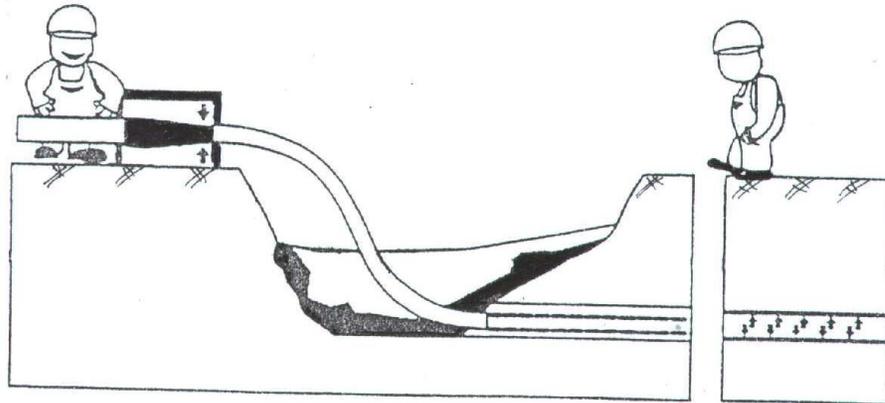
7.2.3.3 INSERCIÓN DE TUBERÍA CONTINUA PARCIALMENTE REDUCIDA.

Se emplea en tuberías a presión; consiste en insertar tubería plástica con el diámetro reducido por doblez de las paredes, facilitando la inserción de la tubería; requiere presión y temperatura para desdoblar la tubería de rehabilitación dentro de la tubería existente; no requiere aplicación de mortero de centrado; no genera mayores disminuciones de diámetro; presenta dificultades para realizar conexiones laterales; es aplicable hasta 24" de diámetro. (Ver Gráfica No. 7.2.3).

7.2.3.4 EQUIPO REQUERIDO PARA INSERCIÓN

Para la utilización de estas técnicas de rehabilitación es necesario disponer del equipo necesario tal como: equipos de topografía; equipo de excavación y movimiento de tierra; compresores con martillos y paletas rompedoras; equipos de arrastre como garruchas, cables, ganchos, gatos, rodillos; equipos de manejo de aguas como motobombas, mangueras, acoples rápidos; equipos de compactación de rellenos; equipos para pruebas

hidrostáticas; herramientas menores; equipos de transporte de materiales y personal.



Gráfica No. 7.2.3. *Inserción de tubería continua parcialmente reducida*

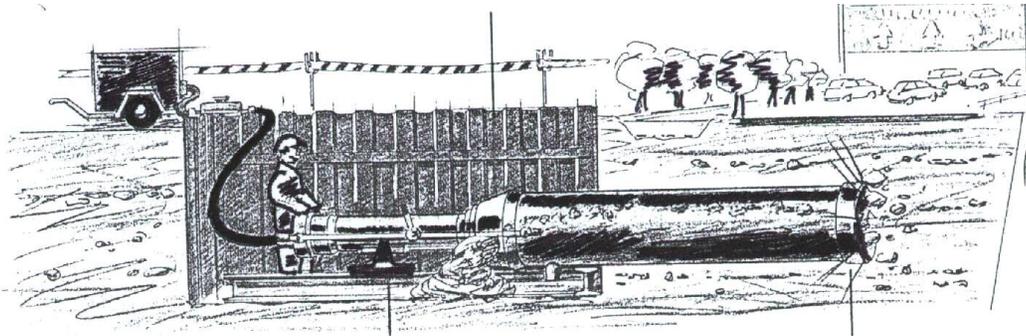
7.2.4 REHABILITACIÓN POR REEMPLAZO SUBTERRÁNEO DE TUBERÍAS.

Este método consiste principalmente en la instalación de tuberías nuevas mediante técnicas de perforación o hincado horizontal subterráneo, utilizando pozos de llegada y salida, estos pozos pueden ser existentes o excavados nuevos. Los pozos deben permitir el alojamiento de los equipos de lanzamiento y los de aplicación de presión. Este método minimiza los problemas de interferencias con vías, desvíos de tráfico, afectación ambiental; los principales métodos aplicables en esta categoría son:

7.2.4.1 PERFORACIÓN HORIZONTAL CON HINCA POR EMPUJE DE TUBOS DE ACERO.

El cilindro de empuje es accionado por aire con un compresor normal; un aro de corte instalado en la boca del tubo ayuda a la penetración del mismo; la plataforma de salida permite una excelente alineación que se debe mantener durante toda la hinca; la tierra que se introduce dentro del tubo es extraída mediante agua o aire una vez se termine la hinca; no se producen asentamientos ni embudos a lo largo de la instalación; el sistema

opera en cualquier tipo de terreno; la tubería instalada no debe tener resaltes exteriores que aumenten la presión de empuje; la tubería instalada puede ser definitiva o trabajar como túnel de paso para una tubería posterior; es aplicable en tuberías hasta 78" de diámetro. (Ver Gráfica No. 7.2.4).

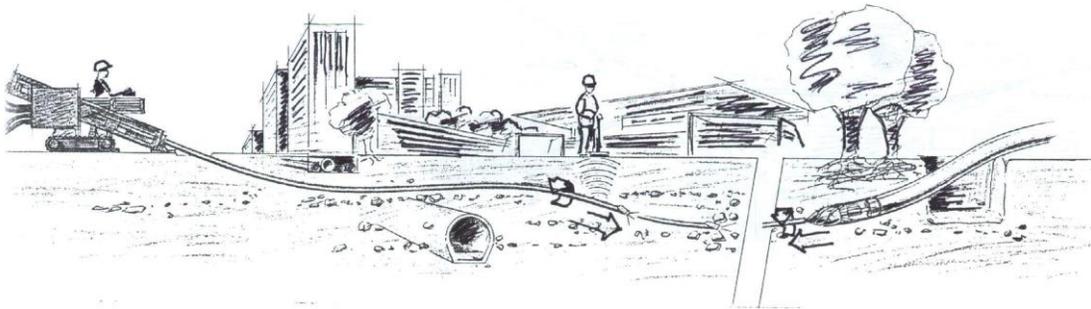


Gráfica No. 7.2.4. Perforación horizontal con hinca por empuje de tubos de acero

7.2.4.2 PERFORACIÓN DIRIGIDA.

Perforación hidrodinámica; se efectúa en dos recorridos, uno del inicio al punto de llegada, mediante una cabeza rotatoria de perforación y luego un recorrido de retroceso con un escariador, que amplía el diámetro de la perforación y arrastra la tubería a instalar; para curvas, se para la rotación, mediante una sonda electrónica se coloca la cabeza en posición tal que permite ejecutar curvas de 42 m de radio, todo el proceso es controlado tridimensionalmente; en terrenos pedregosos, la perforación es reforzada con un elemento percutor; durante todo el proceso se emplea una mezcla de lodo bentonítico que ayuda a que la perforación sea suave sin perder potencia; se debe contar con sistemas hidráulicos y de mezclado de bentonita; se pueden instalar lingadas hasta 500 m con tubería de polietileno; es aplicable hasta 24" de diámetro.

Para estos sistemas de instalación se debe contar con los equipos adecuados para efectuar todas y cada una de las fases de la operación. (Ver Gráfica No. 7.2.5).



Gráfica No. 7.2.5. Perforación dirigida

7.2.5 INSTALACIÓN EN ZANJA.

Es la forma convencional de instalar o renovar tubería; consiste en excavar zanjas encima de la tubería existente o por el corredor de la tubería nueva; se requiere destruir y reconstruir pavimentos en las calles intervenidas; el movimiento de tierra, los entibados generan mucha mano de obra y a su vez una afectación grande del medio ambiente y del entorno social de la obra, la planeación y el manejo del impacto urbano son parte costosa de la obra; también se debe tener en cuenta que en este tipo de rehabilitación juega un papel importante el manejo de los rellenos y su compactación, pues en este tipo de instalación el efecto tubo-suelo es de vital importancia. El manejo de los materiales de excavación y de relleno requieren permisos de disposición y captación especiales.

Estadísticas sobre instalación de tuberías a cielo abierto, muestran que en planificación, excavación, tablestacado y relleno se consume un 39 % del valor del contrato y en reparación de vías y entorno afectado un 31 % del contrato, lo que indica que el 70 % se gasta solo en dos ítems correspondientes a excavación, relleno y reconfiguración de áreas de trabajo. Lo anterior indica que este método de rehabilitación puede ser el mas costoso.

7.2.6 RESUMEN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA TIBITOC-CASABLANCA (Ø 78")

Se relacionan a continuación los datos de rehabilitación de la línea Ø 78", que se esta trabajando con el método de "Inserción de tubería de acero discontinua".

La tubería se esta rehabilitando entre la válvula V-9 (K4+420 del sector Tibito-Calle 129) y la válvula V-39 (K3+402 del sector Av. Boyacá entre Calle 129 y Autopista Medellín).

La longitud a rehabilitar relacionada con los planos (figuras) de instalación es:

Sector Tibito – Calle 129	25.5 Km.
Sector Calle 129 entre Auto. Norte y Av. Boyacá	2.5 Km.
Sector Av. Boyacá entre Calle 129 y Auto. Medellín	3.4 Km.
Total longitud en rehabilitación	31.4 Km.

Para esta línea se emplea también un abscisado corrido (sin dividirla en sectores), siendo las abscisas de las válvulas las siguientes:

Válvula V-9 K4+420
Válvula V-39 K35+800

La tubería insertada se ha instalado corrida (soldando camisa con camisa), excepción de los sitios donde hay válvulas y en los tramos de viaductos como en la quebrada Yerbabuena y el cruce del río Juan Amarillo. Esta situación haría variar un poco la ubicación de la válvula V-39, siendo la más aproximada en el abscisado corrido K36+000.

Este tramo rehabilitado abarca la zona en que se presentaron todas las roturas de esta línea.

Para la realización de este trabajo se han requerido líneas para interconexiones o bypass que permitan aislar el tramo intervenido. En diámetros mayores han sido instaladas las

siguientes:

- Ø 16" 3.500 m., Calle 170 entre Ferrocarril y Auto Norte.
- Ø 24" 5.120 m., Calle 189 a Calle 129 por la Auto. Norte.
- Ø 36" 2.200 m., Calle 126 a Calle 80 por la Av. Boyacá.

Las camisas de rehabilitación han sido fabricadas en acero bajo la norma AWWA C200 con revestimiento interior en mortero de cemento según AWWA C205. La colocación de estas camisas reduce el diámetro original de la tubería a 71".

La soldadura entre camisas es circunferencial interior y se han empleado métodos de soldadura como:

Soldadura manual con arco revestido

Soldadura semiautomática con corazón de fundente y protección con gas.

Estos métodos se pueden usar independientes o combinados, según el procedimiento especificado.

Para el desarrollo del trabajo la firma constructora cuenta con una serie de procedimientos de trabajo escritos por funcionarios propios y desarrollados según lineamientos de las normas ISO 9000 para Aseguramiento de Calidad.

Entre los procedimientos empleados se pueden citar en forma general los siguientes:

- Procedimiento para recepción de camisas en fabrica.
- Procedimiento para cargue y transporte de las camisas.
- Procedimiento para recepción de camisas en obra y descargue de las mismas.
- Procedimiento para aislar el tramo de tubería existente que se va ha intervenir.
- Procedimiento para la instalación de interconexiones y bypass sobre el tramo a intervenir.
- Procedimiento de selección de la ubicación de las ventanas de instalación.

- Procedimiento de ejecución de la ventana de instalación.
- Procedimiento de limpieza interior de la tubería existente.
- Procedimiento de bajado y desplazamiento de las camisas.
- Procedimiento de centrado, alineamiento y punteado de las camisas.
- Procedimiento de punteado y calificación de soldadores punteadores.
- Procedimiento de soldadura manual y calificación de soldadores.
- Procedimiento de soldadura semiautomática con corazón de fundente y protección con gas y calificación de soldadores.
- Procedimiento para inspección de soldaduras mediante el empleo de ultrasonido.
- Procedimiento para la inyección de mezcla a base de cemento entre la tubería existente y la camisa de rehabilitación.
- Procedimiento para reparación de abolladuras en la camisa, originadas por problemas en la inyección.
- Procedimiento para la reparación de fisuras en el mortero interior de las camisas.
- Procedimiento para la aplicación de mortero de recubrimiento interior en la zona de soldadura.
- Procedimiento para retiro, inspección y rehabilitación de válvulas.
- Procedimiento para la reinstalación de válvulas.
- Procedimiento para la conexión de las camisas de rehabilitación con las salidas laterales de la tubería existente.
- Procedimiento para la limpieza general de la tubería rehabilitada.
- Procedimiento para prueba hidrostática de la tubería rehabilitada.
- Procedimiento para la desinfección de la tubería rehabilitada.
- Procedimiento de puesta en operación de la tubería rehabilitada.
- Procedimiento para rehabilitación de estructuras de cajas exteriores a la tubería existente y rehabilitada.
- Procedimiento para entrega de planos record de trabajos ejecutados nuevos y de rehabilitación.
- Procedimiento para el sellado de las ventanas de instalación.
- Procedimiento para rehabilitación ambiental de las zonas afectadas por la obra.

Junto con los procedimientos enunciados, tienen otros de tipo administrativo interno que tienen con finalidad cumplir con los programas de Aseguramiento de la Calidad y de Salud Ocupacional y Gestión Ambiental.

7.2.7 VALORACIÓN DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN APLICABLES.

En las redes de distribución, se pueden presentar daños que afectan su buen funcionamiento.

Entre los principales daños se pueden nombrar los siguientes:

- Desprendimiento de los revestimientos protectores.
- Tuberculización y corrosión interna en tuberías sin revestimiento.
- Perdida de la capacidad de protección de los revestimientos, por desgaste físico o por degradación química.
- Fugas por faltas de sello en las juntas de la tubería.
- Desalineamientos en la tubería por empujes laterales del terreno.
- Desalineamientos de la tubería por asentamientos diferenciales.
- Daños en el cuerpo de la tubería ocasionados por corrosión por picadura.

Los daños enunciados generan la necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento, reparación o cambio de las líneas afectadas.

Simultáneamente con la determinación de los daños y para efectuar una evaluación definitiva se han de tener en cuenta factores de condicionamientos de los sitios donde se van a efectuar las obras. Las principales condiciones a tener en cuenta son:

7.2.7.1 CONDICIONES DE ACCESO A LA TUBERÍA EXISTENTE

- ⇒ Profundidad de instalación
- ⇒ Presencia de bocas de acceso
- ⇒ Necesidad de excavar
- ⇒ Disponibilidad de áreas libres en los puntos de acceso
- ⇒ Afectación de tráfico vehicular y de peatones
- ⇒ Proximidad de otros servicios

7.2.7.2 PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS

- ⇒ Presencia de agua subterránea
- ⇒ Secciones y longitudes de instalación
- ⇒ Pendientes
- ⇒ Cambios de dirección
- ⇒ Uniones y salidas laterales
- ⇒ Ejecución de by-pass en los tramos intervenidos, para no suspender el servicio durante los trabajos en las áreas alimentadas por la red original.

En la valoración del proceso se deben tener en cuenta aspectos como:

- ⇒ Costos de movilización
- ⇒ Costos de limpieza y revestimiento
- ⇒ Costos de los servicios temporales de aislamiento de las redes (bypass)
- ⇒ Costos de preparación de la red existente
- ⇒ Costo de reemplazo de salidas laterales
- ⇒ Costo de revisión e instalación temporal de nuevas válvulas
- ⇒ Costo de reubicación de hidrantes
- ⇒ Costos varios (planos, dibujos, copias etc.)

7.2.8 CONCLUSIONES.

En desarrollo del trabajo se han dejado de lado algunas técnicas de rehabilitación, por no ser aplicables a líneas de presión y mayores a 16" de diámetro.

Con los métodos de rehabilitación posibles de aplicar, con los estudios de agresividad del suelo y con las recomendaciones de vulnerabilidad, se definirán las recomendaciones y alternativas mas adecuadas para mejoramiento y sostenimiento del servicio de distribución de agua potable. En la Tabla No. 6.2.1 del Anexo 12 se presenta, a manera preliminar las Técnicas de Rehabilitación recomendadas para algunas líneas, de acuerdo a la priorización obtenida por el estudio de Vulnerabilidad.