



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA

Manuel Giancarlo Schenone Samayoa

Asesorado por el Ing. José Carlos Rivera Aguiluz

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO
TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MANUEL GIANCARLO SCHENONE SAMAYOA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ CARLOS RIVERA AGUILUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Martinoly Godínez Orozco
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil, con fecha 25 de agosto de 2011.



Manuel Giancarlo Schenone Samayoa

Guatemala, 28 de octubre de 2011

Licenciado

Manuel María Guillen Salazar

Jefe del departamento de Planeamiento

Facultad de Ingeniería

Respetado Licenciado:

Reciba un cordial saludo. Por medio de la presente hago constar que el Trabajo de Graduación titulado: **“REDUCCION DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGIA DE TUBERIA SIN ZANJA”**, elaborado por el estudiante universitario Manuel Giancarlo Schenone Samayoa, con número de carnet **2006-11524**, luego de ser revisado y asesorado; procedo a dar la aprobación del mismo, para que siga el trámite correspondiente.

Agradezco a usted por la atención presente

Atentamente



Ing. José Carlos Rivera Aguiluz

Colegiado: 5316

José Carlos Rivera Aguiluz
INGENIERO CIVIL
COL. No. 5316



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
1 de febrero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

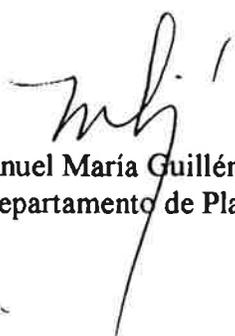
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Giancarlo Schenone Samayoa, quien contó con la asesoría del Ing. José Carlos Rivera Aguiluz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento



/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Carlos Rivera Aguiluz y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Giancarlo Schenone Samayoa, titulado REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo de 2012

/bbdeb.



DTG. 190.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **REDUCCIÓN DE COSTOS EN ALCANTARILLADOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Giancarlo Schenone Samayoa**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones

Guatemala, 7 de mayo de 2012

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por acompañarme en cada momento de mi vida.
- Mis padres** Luis Alberto Wurser Ordoñez, Vera Abigail Samayoa Maldonado, por brindarme todo su apoyo a lo largo de mi carrera.
- Mis hermanos** Elda María, Luis Emilio, Francisco Gerardo por el apoyo que me brindaron.
- Mi abuela** Por sus consejos y apoyo a lo largo de mi vida y carrera.
- A mis amigos** Por todos los momentos que hemos compartido a lo largo de la carrera, la amistad sincera y el apoyo que me han brindado.

ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO	V
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA	1
1.1. Definición	1
1.2. Diagnóstico (situación actual)	1
1.3. Países que más usan esta tecnología	2
1.4. Aprovechamiento de recursos	3
1.4.1. Financiero	3
1.4.2. Humanos	4
1.4.3. Físicos y materiales	5
1.4.4. Tráfico.....	7
1.5. Beneficios a la población	7
1.5.1. Urbanísticos.....	7
1.5.2. Ambientales	9
1.5.3. A construcciones existentes.....	11
1.6. Legislación existente para el tema.....	11
1.6.1. Diagnóstico de Impacto Ambiental.....	11
1.6.2. Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EsIA)	12
1.6.3. Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A)	13
1.6.4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales(MARN)14	
1.6.4.1. Leyes.....	14
1.6.4.2. Ambientales.....	17

	1.6.4.3.	Convenios	17
	1.6.4.4.	Tratados	19
2.	TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA RECUPERAR UNA TUBERÍA		21
2.1.	Sistema de revestimiento ajustado		21
	2.1.1.	Sistema <i>Rolldown</i>	21
	2.1.2.	Sistema <i>Drawing</i>	22
	2.1.3.	Sistema de tubo deformado	23
	2.1.3.1.	Revestimiento ajustado en el sitio	24
	2.1.3.2.	Revestimiento arrugado industrial	25
	2.1.3.3.	Forro a un tubo de servicio	26
	2.1.3.4.	Forro <i>Nupipe</i>	27
2.2.	Sistema de curado en tubería.....		28
2.3.	Sistema de revestimiento deslizante continuo		31
2.4.	Forro inconexo.....		33
	2.4.1.	Moldeado	33
	2.4.2.	Revestimientos plásticos	33
	2.4.3.	Revestimientos GRP/GRC.....	34
2.5.	Revestimiento de concreto		34
2.6.	Revestimiento de resina epoxica		36
2.7.	Revestimiento polimérico.....		37
3.	NUEVAS TÉCNICAS PARA UNA NUEVA INSTALACIÓN		41
3.1.	Taladro guiado.....		41
3.2.	Zanjeo estrecho		43
3.3.	Tubo hidráulico		46
3.4.	Perforación dirigida.....		47
3.5.	Perforación por surco		50

3.6.	Taladro por impulso	51
3.7.	Micro-tunelar	53
3.8.	Berbiquí.....	56
3.9.	Perforación por impacto	58
3.10.	Tubería insertada	61
4.	NUEVAS TÉCNICAS A TOMAR EN CUENTA EN EL MOMENTO DE PLANIFICAR EL REEMPLAZO DE TUBERÍAS EXISTENTES	65
4.1.	Sustitución de tubería con tecnología sin zanja	65
4.2.	Sistemas para reventar la tubería	65
4.2.1.	Sistema expandit.....	65
4.2.2.	Sistema portaburst	67
4.2.3.	sistema de envarillado.....	68
4.3.	Rajado de tubería.....	69
4.4.	Tensado de tubería	70
4.4.1.	Sistema extractor	71
4.4.2.	Sistema <i>bullit</i>	71
4.5.	Sistema de forrado externo de tubo	72
4.6.	Sistema de torsión de cuerda	73
5.	PLANIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO PUNTUAL EN LA TUBERÍA	75
5.1.	Friccionado de aire.....	75
5.2.	Limpieza a chorro.....	75
5.3.	Bruñido por cerdas.....	77
5.4.	Legrado a presión	78
5.5.	Estabilización química.....	79
5.6.	Restauración puntual	80
5.6.1.	Lacrado de uniones.....	81
5.6.2.	Apañado.....	82

5.6.3.	Reparación robótica.....	82
5.6.4.	Reparación puntual.....	83
6.	RESULTADOS ESPERADOS.....	85
6.1.	Económicos	85
6.1.1.	Humanos	85
6.1.2.	Físicos y materiales	86
6.2.	Vida útil.....	86
6.3.	Ambientales	87
6.3.1.	Reducción de desastres	87
	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93

GLOSARIO

Ángulo de entrada	Inclinación respecto a la horizontal con que entra y sale del terreno la línea de perforación.
Cabeza perforadora	Parte principal de la línea de perforación, con puntas y rodillos que giran constantemente triturando la roca y todo tipo de suelo, abriéndose pasó por el terreno.
DJCA	Declaración Jurada de Compromiso Ambiental.
EIA	Estudio de impacto ambiental.
EsIA	Evaluación del Impacto Ambiental y Social.
Estabilización química	Renovación de tubería que consta en cerrar ambos extremos y verter dos soluciones químicas que al contacto una con otra producen una reacción química.
Flujo	Corriente de agua ocasionada por el hombre o por la naturaleza con variación de velocidad y volumen.
Forro	Membrana o revestimiento que se aplica en el interior del tubo.

Granza	Agregado grueso y fino utilizado para reemplazar materia suave, mejorando su compactación y resistencia al deslizamiento.
GRC	(<i>Glass Fiber Reinforced Concrete</i>) Hormigón reforzado con fibra de vidrio.
Grieta	Separación de la tubería por fatiga, golpes o vibración.
HDPE	Polietileno de alta densidad.
HPPE	Es de alto peso molecular, de un material termoplástico de origen petroquímico.
IA	Impacto Ambiental. Ocurre un impacto ambiental cuando la acción o actividad produce una alteración en el medio o en algunos componentes del medio.
Infiltración	Flujo de agua del subsuelo que se introduce a la tubería por medio de grietas o fisuras aumentando su caudal y su velocidad de diseño.
ISTT	Asociación Internacional de Tecnología sin Zanja.
KM/hr	Kilómetro(s) por hora.

LDPE	Polietileno de baja densidad.
Lechado	Mezcla de agregados utilizados para unir o curar la tubería agrietada, también es utilizada para reparaciones puntuales y sellar la tubería y disminuyendo su porosidad.
Lodo de perforación	Mezcla de agua, bentonita y polímero que ayudada al enfriamiento de la cabeza perforadora la remoción de lo perforado y la estabilización del túnel.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Material de relleno	Se le llama así al material empleado que sustituye a la tierra para obtener una mejor compactación en el área de colocación de la tubería puede ser granza, selecto, cal, etc.
MDPE	Polietileno de media densidad.
PGA	Plan de Gestión Ambiental.
Planificación	El hecho de decidir por adelantado qué se hará. Determinación de los objetivos de un proyecto a través de una consideración sistemática de las alternativas, políticas, programas y procedimientos para alcanzarlos.

RPM

Revoluciones por minuto.

Selecto

Material utilizado como base luego de su compactación.

Zanja

Es la extracción de tierra en línea recta que se realiza con el fin de extraer o introducir una tubería.

RESUMEN

Los métodos tradicionales para realizar el mantenimiento, la reparación y el cambio de una tubería representan un costo económico, social, y ambiental.

El hecho de tener que realizar una excavación implica romper el pavimento, paralización de los servicios, contaminación de las alcantarillas, tiempo extenso en la realización de la obra, zonas de peligro para peatones y conductores, problemas de salud a los habitantes cercanos a la zona de trabajo, etc.

Los métodos sin zanja conforman una tecnología revolucionaria que se está utilizando en países desarrollados del mundo como lo son: España, Japón, Rusia, Estados Unidos, etc. Esto se debe a que hoy en día no es posible paralizar zonas por el cambio de una tubería ya que representaría costos más allá de los ya mencionados.

Esta tecnología consiste en una serie de técnicas y métodos por medio de las cuales es posible reparar, sustituir o instalar una nueva tubería subterráneamente sin necesidad de abrir una zanja simplemente utilizando el espacio existente.

Así el costo es más bajo que los métodos tradicionales en todo sentido, económico, social, ambiental, el factor tiempo es notoriamente reducido, la paralización del sistema es casi nula.

Es necesario que las instituciones a cargo empiecen a tomar en cuenta este tipo de métodos y aprender de las grandes ciudades que están implementando esta tecnología buscando solucionar de una manera más eficaz y económica los problemas de los servicios de tuberías que cada día son mayores.

OBJETIVOS

General

Demostrar cómo esta tecnología de tubería sin zanja, es la más adecuada, eficaz y eficiente, así como la que más reduce costos en la construcción y alarga la vida útil del proyecto en fase de operación y funcionamiento.

Específicos

1. Considerar este nuevo método de recuperación y mantenimiento de tubería como una alternativa viable para la solución de los problemas actuales.
2. Convertir este trabajo de graduación en un documento técnico de consulta, fácil de entender y aprovechable para la implementación de dicha tecnología.
3. Hacer ver que el zanqueo que se lleva a cabo en la actualidad para la inspección, mantenimiento y recuperación de las tuberías conlleva un alto costo económico, social y un tiempo extremadamente largo.
4. Con esta tecnología de construcción mejorar el ornato y el impacto al medio ambiente en el sector.

INTRODUCCIÓN

La renovación de tuberías mediante excavación de zanjas implica desvíos de tráfico, ruido y polución al romper el pavimento, supone un gran riesgo para los servicios existentes en el subsuelo y afecta de manera directa a la actividad humana social y económica en la zona de trabajo y su medio ambiente. Todos estos inconvenientes pueden ser evitados planificando y considerando correctamente el método más eficaz y eficiente para la solución de problemas.

Es indudable que una adecuada planificación y evaluación de proyecto llevará a optimizar los recursos disponibles y garantizar su funcionamiento, además permitirá analizar las diferentes alternativas que satisfagan de mejor manera las necesidades de un sector determinado de la población a un menor costo.

Las instituciones públicas y privadas que realmente quieran resolver el problema a fondo relacionados con mantenimiento y rehabilitación de los sistemas de tuberías con un método eficaz y eficiente serán los que mayor interés le presten a este trabajo.

1. TECNOLOGÍA DE TUBERÍA SIN ZANJA

1.1. Definición

Esta tecnología es definida como la técnica a utilizar en la instalación, reemplazo, renovación, supervisión, localización y detección de fugas de líneas de tubería con excavación mínima en el terreno o área afectada.

Los distintos diámetros, longitudes y servicios que prestan las tuberías hicieron que esta tecnología desarrollara una variedad de métodos para poder mantener en óptimas condiciones todas las tuberías afectadas sea cual fuese su función.

No todas las divisiones de esta tecnología son aplicables a todo tipo de tuberías como por ejemplo las tuberías de gas o de cables, para este tipo de trabajos se recomienda solamente el colocar una tubería nueva ya que la mayoría de los métodos son destructivos y se necesita que ingrese un tipo de aparato el cual necesita el diámetro completo de la tubería para poder trabajar.

1.2. Diagnóstico (situación actual)

En Guatemala, gran parte de las redes de agua se encuentran en una situación crítica, la falta de mantenimiento, reparación y sustitución a tenido como consecuencia el colapso total de las redes de agua, ocurriendo así grandes daños en zonas habitacionales tal es el caso del agujero de la zona 6 de la ciudad capital por no tomar en cuenta el tiempo que tienen prestando el servicio.

Las tuberías existentes en Guatemala fueron proyectadas y calculadas para cierta población, menor a la actual, poniendo en evidencia las deficiencias del sistema ya obsoleto para atender la demanda que actualmente se genera.

Las redes de agua necesitan ser revisadas, darles mantenimiento y sustituir la tubería dañada, para prevenir daños que a la larga tienen un costo mayor.

1.3. Países que más usan esta tecnología

Debido a la problemática del mantenimiento y óptimo funcionamiento de las tuberías en todo el mundo se formó la Sociedad Internacional para Tecnología sin zanjas (ISTT por sus siglas en inglés) que fue fundada como una compañía limitada por garantía en septiembre de 1986.

En 1990 formaron sociedades en Alemania, Francia y Norte América (sirviendo a USA y Canadá). En 1991 se formó de la sociedad Australiana (que sirve a la asociación Australiana y a Nueva Zelanda).

En 1995 se formó la sociedad india y en 1996 las sociedades de Hungría, la península ibérica (Portugal y España), Venezuela y la República Eslovaca. La discusión continúa sobre el número de países que han formado sus cuerpos de afiliación y forman parte de la familia de tecnología sin zanjas, actualmente Guatemala intenta unirse a este equipo innovador de países que encontraron una solución radical al problema que representan las tuberías al momento de darles mantenimiento o bien sustituirlos.

Los objetivos de la asociación son dar a conocer esta tecnología en países como el nuestro, ya que ellos están consientes del potencial de la misma y quieren aportar un avance de la ciencia y práctica de la tecnología sin zanjas para el beneficio público y promover la educación, entrenamiento, estudio e investigación en esta ciencia y práctica.

La tecnología sin zanjas ofrece un número de significantes ventajas sobre el trabajo de zanjeo y una característica clave es la forma en que se reduce el trastorno general al público. Esto se aplica a la actividad pública en áreas tanto comerciales como residenciales y beneficia al público en una manera ambiental.

1.4. Aprovechamiento de recursos

Es importante poder reducir el consumo de recursos materiales y humanos que se utilizan en las técnicas actuales del mantenimiento y reparación de tuberías.

1.4.1. Financiero

Los costos serán reducidos a lo largo de los diferentes proyectos realizados con esta tecnología. Los recursos directos e indirectos que son necesarios para realizar un zanjeo se verán reducidos en gran parte ya que esta tecnología no requiere la mayor parte de dichos recursos.

La maquinaria que se usa para el actual método de zanjeo tales como camiones, excavadoras, retro excavadora etc. Podrá ser utilizada para otro tipo de trabajos como carreteras, etc.

Esta tecnología tendrá un costo elevado con el primer proyecto, pero este se irá disolviendo dentro del número de proyectos que se realicen con la misma.

Tres amplios renglones fueron especificados: costos directos, indirectos y sociales.

Costos directos, abarcan la planificación, diseño, supervisión, construcción y la desviación de servicios existentes.

Costos indirectos, abarcan pagos compensatorios, reducción en la vida del pavimento e incremento en el mantenimiento de caminos.

Costos sociales, abarcan el trastorno y el atraso del tráfico comercial y privado, pérdida de tranquilidad e impactos ambientales tales como ruido, contaminación a los alcantarillados aledaños, generación de polvo, etc.

Un punto importante sobre el estudio de los costos sociales de un proyecto están relacionados con el tiempo necesario para completar el trabajo, tanto como el romper la cinta asfáltica, como la cantidad de desperdicio que necesita ser movido, el material excavado, el material de reemplazo y la restitución, es una indicación del impacto ambiental hecho por los trabajos de construcción.

1.4.2. Humano

Por su naturaleza las zanjas son peligrosas al público, aun si están resguardadas con barreras de acuerdo con las barreras de seguridad, existe la probabilidad de que surjan accidentes lamentables. Con frecuencia las barreras alrededor de las zanjas son inadecuadas o han sido movidas por el clima o por las mismas personas que necesitan transitar por el lugar.

Todos los seres humanos necesitan de los servicios que prestan las diferentes líneas de conducción de agua potable, drenajes, cables, etc. La paralización de dichos servicios por un período largo de tiempo conlleva molestias e inconvenientes a los consumidores.

1.4.3. Físicos y materiales

Todos los recursos que son ahorrados con esta técnica pueden ser dirigidos a otros proyectos utilizando en menor parte la maquinaria pesada y la mano de obra calificada lo cual disminuirá los costos finales y optimizando los recursos físicos y materiales necesarios para este tipo de trabajo.

Los accesos generales con frecuencia son mantenidos cuando las técnicas sin zanjas son utilizadas, esto beneficia a los propietarios. Los lugares en donde no se utiliza esta tecnología sufren de paralización parcial o completa debido a que se obstruye el paso de entrada a comercios y viviendas.

El trabajo de zanjeo usualmente involucra una gran cantidad de suelo excavado. Esto ocupa mucho espacio en las vías y aceras y pueden hacer la situación aún peor. Los sistemas sin zanjas pueden reducir las cantidades de material necesario para rellenar las excavaciones. También, los niveles de suciedad y polvo tienden a ser menores con las técnicas de mínima excavación, las cuales ayudan a reducir el impacto ambiental.

La técnica sin zanja no involucra levantar la cinta asfáltica lo cual ahorraría una gran cantidad de dinero en la reparación de la misma sino también en los futuros mantenimientos que ésta requiere.

Normalmente es más fácil proteger al público de este peligro cuando los métodos sin zanjas son utilizados ya que las excavaciones tienden a ser más pequeñas y discretas en un área reducida y alejada del paso peatonal y vehicular.

Los métodos sin zanjas ayudan a eliminar estos problemas por su tendencia a acortar la duración del trabajo y dar un acceso óptimo a los vehículos y a los peatones.

Para los comercios tales como fábricas e industrias, las interrupciones en los suministros de agua, gas, electricidad y teléfono cobran importancia crítica.

Los métodos de construcción sin zanjas por definición, envuelven menos superficie dañada que los trabajos tradicionales. Se da un movimiento mucho menor de material de desperdicio, un mínimo debe de ser removido del sitio y mucho menos es requerido para el reemplazo o relleno. En consecuencia esto redundante en la reducida cantidad de excavación y transportación del material, con menos congestionamiento en el lugar y menos tráfico extra en las carreteras del área.

Al eliminar la mayoría de excavaciones asociadas con el zanjeo, la cantidad física de trabajo se reduce y esto generalmente significa un menor tiempo de proyecto. Resultando de esto un período más corto de molestias ocasionadas.

Los trabajos de construcción o rehabilitación subterránea, requiere de una cuidadosa pre-planificación e investigación de campo. Esto es particularmente importante si se va a utilizar un método sin zanjas.

1.4.4. Tráfico

Con este sistema no se interrumpe el sistema vehicular ni peatonal, reduciendo la cantidad de accidentes por situaciones inseguras y el congestionamiento en áreas aledañas.

La obstaculización vehicular es la parcial clausura del camino, aunque el paso se mantenga y se apliquen señales o luces de tráfico, el conductor puede o no percatarse de la velocidad señalada esto resulta en costos sociales ya que el tráfico tiene que viajar una distancia mayor y esto significa un mayor tiempo.

Esta tecnología reduce considerablemente el congestionamiento en la zona afectada así como también la utilización de policías de tránsito, luces de desvío, también la reducción de gasolina por parte de los conductores ya que todos estos trabajos pueden ser realizados en horario nocturno por la eficiencia de las técnicas.

1.5. Beneficios a la población

El desvío del tráfico hacia las calles no principales, será considerable ya que estas no están preparadas para el tránsito de una calle principal.

1.5.1. Urbanísticos

Concerniente al crecimiento urbano, la realización de autopistas y de servicios esenciales de tipo subterráneos obtengan una mayor demanda, los proyectos actuales de redes de tuberías no fueron diseñados para ampliarse a futuro; por ejemplo en la cinta asfáltica es fácil observarlo pero, en los servicios el deterioro no se ve hasta que la emergencia surge o el sistema colapsa.

El público en general ha tenido que soportar considerables inconvenientes como resultado de la instalación de los servicios y otros trabajos en las líneas de tubería para drenajes, cables y otros servicios.

En años recientes miembros del gremio de la construcción gradualmente han buscado otra manera de ejecutar el trabajo de obra civil para instalar tuberías y cableado sin la necesidad de largos tramos de canales abiertos.

En áreas comerciales las ventajas principales de usar éstos métodos radican en la reducción de cualquier pérdida de negocios, debido al daño creado a los accesos y a los servicios generales.

La construcción mediante el uso de zanjas puede causar trastornos al comercio e industria. En el caso de instituciones tales como hospitales y aeropuertos, estos bien pueden ser de vital importancia y una solución con tecnología sin zanjas logra que los servicios no interrumpan la atención al público.

El trabajo de zanjeo puede producir movimiento significativo del terreno que puede afectar adversamente a los edificios contiguos.

Las casas de los residentes locales están normalmente en más riesgo de daño debido a los movimientos de tierra junto a los cimientos, humedecer el terreno puede ser necesario para el zanjeo y esto afectar los edificios cercanos por la contracción de la superficie al ubicarse de nuevo.

1.5.2. Ambientales

La tecnología sin zanjas ofrece varios beneficios ambientales a la comunidad. En mucho se reducen las cantidades de excavación desperdiciada y de material de relleno importado, lo cual reduce el acarreo y desecho.

Esto conlleva un impacto ambiental mucho menor y una mejora en las condiciones para el público. Árboles y plantas pueden ser dañadas por las excavaciones, además de los efectos de la contaminación al agua subterránea, por suciedad. El ruido se considera como contaminación cuando se utiliza el tradicional trabajo de zanqueo.

La tecnología sin zanjas puede proveer un número significativo de ventajas a los miembros de una comunidad residencial comparado con el impacto del trabajo de abrir el terreno. Gracias a las técnicas de mínima excavación que genera mucho menos remoción y reemplazo del suelo además del tiempo estimado para el trabajo tiende a ser más corto.

Esto significa que la duración de la interrupción en los servicios de agua, drenaje, gas, electricidad y cable son menores que con trabajo de zanqueo.

El vecino experimenta reducción de molestias en su vida cotidiana y existe un riesgo menor de interrupciones no planeadas debido a daño accidental.

La mayoría de cables y tubería están enterrados a no más de un metro de profundidad y la excavación de zanjas las expone. Incluso con una buena planificación y localización de los servicios existentes, hay una mayor posibilidad de daño a un tubo o cable inesperado cuando se usa el trabajo de canalización.

Estos movimientos de material de desperdicio y de relleno en el área tienen implicaciones para ambos: el ambiente y la comunidad local. Camiones son usualmente utilizados en los caminos aledaños para transportar materiales y esto causa polución por el escape de motor como el desperdicio de recursos. Los camiones también representan un incremento en las cargas de tráfico del área y un riesgo potencial de accidentes a la comunidad.

Los materiales de relleno como el piedrín, son normalmente excavados de canteras que por sí mismas producen un impacto ambiental adverso al lugar.

Varios países están encontrando dificultad para localizar sitios que funcionen como botaderos de este desperdicio. Gracias a que los métodos sin zanjas no involucran grandes cantidades de desperdicio y relleno, estos ofrecen buenos beneficios ambientales.

Otros aspectos del uso de sistemas sin zanjas son las ventajas en términos naturales. Canales excavados cerca de plantas y árboles pueden causarles daño a sus raíces, tal es el caso de árboles en calles residenciales. Usualmente los árboles toman algún tiempo antes de mostrar signos de haber sido dañados y así pasan años antes de su fallecimiento.

Los árboles en áreas urbanas son beneficiosos para la comunidad ya que mejoran las condiciones ambientales, además de ser estéticamente placenteros a las personas.

La contaminación causada por la suciedad, polvo y ruido tienden a ser reducidas cuando los métodos de mínima excavación son usados y esto ayuda a mejorar las condiciones ambientales al público.

1.5.3. A construcciones existentes

La reducción de riesgos en los edificios existentes y construcciones son considerables ya que se minimiza el riesgo de generar algún movimiento de tierra en sus cimientos.

Con la tecnología sin zanja se reduce la pérdida de tiempo, la obstrucción de entradas a las instalaciones, reducción de ruido cerca, e inclusive las pérdidas económicas de las edificaciones se reduce ya que en ningún momento se ven paralizadas al momento de cambiar una tubería.

Las zonas industriales son una de las áreas más beneficiadas con esta tecnología ya que no se interrumpe el movimiento vehicular, entradas a bodegas, paralización del sistema, por lo tanto en ningún momento sufrirían de retrasos en su producción y actividades diarias.

1.6. Legislación existente para el tema

Actualmente si existen distintos reglamentos enfocados especialmente al impacto ambiental que genera este tipo de trabajos, los cuales hasta el día de hoy si son obligatorios.

1.6.1. Diagnóstico de Impacto Ambiental

La utilización de la tecnología sin zanja reduce considerablemente el impacto ambiental, ya que reduce el daño al terreno, minimizando así la extracción excesiva de tierra, la contaminación de las calles aledañas, la contaminación de tragantes de agua pluvial, la generación de ruido para las viviendas cercanas.

Actualmente se procede a romper el concreto o pavimento existente lo cual genera una gran cantidad de polvo, ruido y desperdicios los cuales van a dar a un relleno en donde estos no tienen ningún beneficio al medio ambiente.

Tomando en cuenta todo lo mencionado cabe mencionar que la tecnología sin zanja es la más amigable con el medio ambiente ya que prácticamente se utiliza el espacio existente sin destruir y escavar las áreas como lo hacen las técnicas actuales o tradicionales.

1.6.2. Evaluación de Impacto Ambiental y social (EsIA)

El EsIA es el más complejo de los instrumentos de evaluación ambiental. Este incluye un P-PGA (Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental), una propuesta de DJCA (Declaración Jurada de Compromiso Ambiental), el establecimiento de una garantía ambiental y el nombramiento de un responsable ambiental.

El EsIA es un instrumento técnico de Evaluación de Impacto Ambiental que se encuentra definido en el Artículo 3 del Reglamento de Estudio de Impacto Ambiental, que dice que los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cuales quiera de sus fases, se deberán someter al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

- Acueductos, embalses, tanques y sifones, presas, drenajes, desecación, dragado, defensa o alteración significativa, de cuerpos o cursos naturales de agua.

La realización del EsIA debe tomar como base para su elaboración los términos de referencia indica dicho reglamento.

Debe tenerse en cuenta la información técnica más reciente disponible sobre áreas de desarrollo de las actividades, obras o proyectos incluyendo además información de campo. Esa información podrá ser organizada de forma digital y procesada mediante el SIG (Sistema de Información Geográfica) conforme lo indiquen los términos de referencia de los convenios y contratos respectivos entre unidad ejecutora o contratistas.

1.6.3. Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A)

Otra manera en la cual la ley puede influenciar el uso de métodos sin zanjas, en la construcción, es en el área ambiental. Muchos países ahora requieren estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA) previo al visto bueno del gobierno para aprobar cualquier desarrollo mayor. Por ejemplo, ahora Tailandia requiere los estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA) previa las especificaciones del tipo de proyecto a realizar. Los EIA deben incluir una sección sobre los efectos que el proyecto tendrá sobre la calidad de vida de la comunidad local.

Antes de iniciar la construcción de alcantarillados utilizando la tecnología de tubería sin zanja, deben cumplirse con los requisitos de las especificaciones técnicas como económicas y disposición especial, así como los requerimientos especiales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) exigen y que deben estar plasmados en el contrato respectivo.

1.6.4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales

1.6.4.1. Leyes

Artículo 64. De la Constitución Política de la República de Guatemala. Patrimonio natural que por si solo se declara interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

Artículo 97. De la Constitución Política de la República de Guatemala. Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Acuerdo Gubernativo No. 186-2001: Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: que dentro del marco de la modernización de la administración pública, los ministerios de estado deben estructurarse en forma tal que sus servicios se desconcentren y descentralicen, para hacer énfasis en la conciencia participativa de las comunidades y la estructura del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales responde a esos objetivos.

Acuerdo Gubernativo. No 791-2003: “Normativa sobre la Política Marco de Gestión Ambiental”, publicado el 10 de diciembre del 2003: que de igual forma, el artículo 97 de la Constitución Política de la Republica, establece que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, por lo que se deben dictar las normas necesarias para garantizar que el uso y el aprovechamiento racional de la fauna, la flora, de la tierra, del agua y otros recursos naturales, se realicen racionalmente, evitando su depredación, contaminación y agotamiento, a través del establecimiento de la Política Marco de Gestión Ambiental de Guatemala.

Acuerdo Ministerial No. 239-2005: Se crean las unidades de Recursos Hídricos y Cuencas, Calidad Ambiental y Protocolo: que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, le corresponda formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad, y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado.

Acuerdo Ministerial No. 477-2005, Se crea la Oficina Nacional del Desarrollo Limpio: que la Autoridad Nacional Designada para el Mecanismo de Desarrollo Limpio en la instancia nacional encargada de regular el proceso de evaluación y aprobación nacional de las propuestas de los proyectos que apliquen el mecanismo para un desarrollo limpio del protocolo de Kyoto, así como otorgar la aprobación nacional tanto a las instituciones gubernamentales como a las personas individuales jurídicas para que puedan planificar en el mecanismo para un desarrollo limpio del protocolo de Kyoto, con el fin de que estas puedan elevar a las instancias correspondientes las propuestas de proyectos para que estos puedan ser considerados en el mecanismo para un desarrollo limpio.

Acuerdo Ministerial No. 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re- Uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos: que la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Que de conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y el Gobierno debe emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes, para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

Que es importante contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad de recursos hídricos; coordinando para el efecto los esfuerzos de órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.

1.6.4.2. Ambientales

El MARN es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos.

El fin de de esta institución es lograr un desarrollo generacional amplio, articulando el que hacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa, formulando y ejecutando políticas públicas orientadas a gestar un desarrollo generacional que tenga como fin esencial proteger y mantener saludable al ser humano.

Permitir mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos guatemaltecos a través de la conservación, protección y mejoramiento creciente del ambiente y de los recursos naturales, procurando que también sea saludable y disminuya el deterioro y la pérdida del patrimonio natural y promueva la disminución de riesgos y vulnerabilidad ambientales, en un clima de justicia ambiental.

1.6.4.3. Convenios

Cumplir y hacer cumplir el régimen jurídico en relación al ambiente y de los recursos naturales, dirigiendo las funciones generales asignadas al MARN y especialmente de las funciones normativas de control y supervisión.

Formular, aprobar, orientar, coordinar, promover, dirigir y conducir las políticas nacionales de ambiente y recursos naturales, para el corto, mediano y largo plazo, en íntima relación con las políticas económica, social y de desarrollo del país y sus instituciones de conformidad con el sistema de leyes referentes a las instrucciones del presidente y Consejo de Ministros.

Velar por el estricto cumplimiento de las leyes, la probidad administrativa y la correcta inversión de los fondos públicos, en los asuntos confinados al despacho.

Ejercer la rectoría sectorial y coordinar las acciones del Ministerio con otros ministerios e instituciones públicas y del sector privado, promoviendo la participación social en su diálogo, con el propósito de facilitar el desarrollo nacional en materia de ambiente y recursos naturales, y así propiciar una cultura ambiental y de conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Formular participativamente la política de conservación, protección y mejoramiento del ambiente y de los recursos naturales, y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia dentro del marco normativo nacional e internacional.

Formular políticas para el mejoramiento, actualización y modernización de la administración descentralizada del sistema guatemalteco de áreas protegidas; así como para el desarrollo y conservación del patrimonio natural del país, incluyendo las áreas de reserva territorial del Estado.

Diseñar en coordinación con el Ministerio de Educación, la política nacional de educación ambiental y vigilar porque se cumpla.

Formular la política para el manejo de recursos hídricos en lo que corresponda a contaminación, calidad y para renovación de dicho recursos.

1.6.4.4. Tratados

Hoy en día, existen más de 300 tratados multilaterales que contemplan directa o indirectamente la protección del medio ambiente y de sus componentes. Desde el fin de la década de 1980, paralelamente a la cooperación desarrollada a nivel universal, la cooperación entre los países mesoamericanos se ha intensificado, generando una serie de acuerdos regionales en materia ambiental cuya implementación está coordinada por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

El proyecto Red de Organizaciones de Derecho Ambiental (RODA) tiene como objetivo identificar los tratados y convenios internacionales en materia ambiental que cada país de la región mesoamericana ha adoptado como parte de su derecho interno y analizar los compromisos contraídos, así como el nivel de cumplimiento por país. En este volumen se contempla el caso de Guatemala.

Por su ubicación geográfica, la combinación de geología, geomorfología, suelos, climas y microclimas, Guatemala cuenta con 14 zonas de vida, de lo que resulta una diversidad, cantidad y riqueza biológicas excepcionales. Aproximadamente 1,500 especies de vertebrados han sido reportadas, con por lo menos 15 especies endémicas. A nivel de la flora, existen alrededor de 8,000 especies, incluyendo 540 especies de plantas endémicas.

No obstante, la riqueza natural del país se está agotando y deteriorando desde hace varias décadas, principalmente a causa de la mala utilización de los recursos naturales renovables y no renovables. El crecimiento poblacional y el incremento de actividades económicas, tales como, el transporte y la industria aumentan la presión sobre los recursos, la contaminación del suelo y de las aguas, así como los riesgos de daños graves al ambiente. El desarrollo económico no ha generado progresos tangibles a nivel del bienestar social, de la educación y del acceso a los recursos.

2. TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA RECUPERAR UNA TUBERÍA

2.1. Sistema de revestimiento ajustado

Este sistema comprende una gama de técnicas, dentro de las cuales se puede escoger según sea el tipo de tubería y las condiciones de la misma.

2.1.1. Sistema *Rolldown*

En el proceso *Rolldown* es logrado pasando el tubo por un arreglo de cilindros hemisféricos. Este proceso reduce el diámetro en alrededor del 10 por ciento, esta reducción es gracias a un incremento en el grosor de la pared. Como la deformación es semi-permanente el forro puede ser almacenado en el sitio hasta su utilización. Una vez ha sido insertado dentro del tubo, el forro es revertido a su diámetro original gracias a la aplicación de agua fría a presión.

Es posible que el proceso de reducción se dé conforme el forro es insertado en la tubería o en otra ubicación, dependiendo del espacio disponible en el sitio. Esto permite gran flexibilidad. Los revestimientos son unidos para formar una línea de tubo antes de ser pasados por la plataforma *Rolldown*.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 75 a 600 milímetros.
- Material del forro: polietileno.
- Material de la tubería: cualquiera.

2.1.2. Sistema de *Drawing*

El primer sistema de forro ajustado en ser desarrollado fue el *drawing* en caliente o forro estampado, por la empresa British de gas británico en los años ochenta. La técnica envuelve la reducción del diámetro del forro por un calentamiento primario a una temperatura de alrededor de 100 grados centígrados.

El forro, hecho de polietileno, es entonces jalado a través de un molde estrecho de acero reductor, el cual lo estruja hasta que su diámetro se reduce. El forro es entonces introducido gracias al torno o cabestrante, en la tubería. El diámetro reducido del forro se mantiene debido a la tensión producida durante el cabestreo. Una vez el forro ha sido instalado la fuerza del torno es aliviada, permitiendo al forro revertirse a su forma original. El diámetro del forro es típicamente reducido en alrededor del 6 por ciento permitiendo su fácil inserción dentro de la tubería. El grosor de la pared del forro permanece igual, pero la longitud del mismo se incrementa al compensarse.

Un sistema de *drawing* en frío está disponible también, donde el forro permanece a la temperatura ambiente conforme es jalado a través del molde. La lubricación adicional es algunas veces requerida en este proceso, usualmente aceite vegetal o bentonita. En ambos procesos, en frío y en caliente, el forro regresa a su forma original por un proceso natural de esparcimiento. Un proceso de reversión adicional no es por tanto requerido, simplificando el procedimiento de revestir.

El proceso de *drawing* es continuo y es difícil de detener una vez ha empezado, ya que cualquier alivio de la tensión permitirá que el proceso de reversión comience.

Esta técnica puede, sólo ser aplicada en el sitio, la inserción del forro toma lugar inmediatamente después de pasado este por el molde reductor. El forro tiene que ser unido continuamente en una línea antes al ser pasado por el molde, así que debe haber suficiente espacio en el lugar para permitir que el forro sea elaborado.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 75 mm a 600 mm.
- Reducción del diámetro del forro: 6% al 10%.
- Material del forro: polietileno.
- Material de la tubería: cualquiera.
- Máxima longitud de instalación: 800 metros.

2.1.3. Sistema de tubo deformado

La alternativa para reducir el diámetro del forro es deformarlo o plegarlo para permitir su inserción en la tubería. La principal ventaja con este tipo de técnica de revestimiento ajustado es la gran reducción del diámetro del forro, ya que puede lograrse una reducción del 50 por ciento en algunos casos. Esto significa que las fuerzas cabestrantes necesarias para instalar el forro son pequeñas.

Los revestimientos arrugados son más flexibles, así que ellos pueden negociar curvas ajustadas más que otras técnicas de forro ajustado. Aunque al plegar el forro puede resultar en grandes reducciones de diámetro, es necesario que el diámetro inicial de los forros plegados sea más pequeño que el del tubo original. Esto, para asegurar que los forros logren su completa forma redonda antes de formar un firme acoplamiento con el tubo original.

Los forros arrugados nos proveen de una particular aplicación para renovar alcantarillados, como la gran reducción del diámetro permite un acceso simple dentro de este tipo de tuberías. De cualquier forma, sólo tuberías nominalmente circulares son renovadas utilizando técnicas de revestimiento ajustado. Existen dos métodos distintos de producir un forro deformado de polietileno, de fábrica y arrugado en el sitio.

2.1.3.1. Revestimiento ajustado en el sitio

En la técnica plegado en sitio, el revestimiento inicialmente pasa por cilindros para reducir su diámetro. Este es luego forzado bajo una herramienta en forma de cono, la cual lo pliega a una forma de “U”. Este forro se mantiene en esta forma por unas bandas de polipropileno ajustadas.

Después de la inserción dentro del tubo original el forro es revertido a su forma por la aplicación de agua a presión, las bandas sujetadoras revientan para permitir al revestimiento regresar a su forma original.

Esta técnica puede ser utilizada para forrar tuberías de 300 milímetros hasta 1,100 milímetros. Es técnicamente posible posicionar pliegues en forros de diámetro pequeño, pero el pliegue de fábrica puede hacer esto competitivamente, con la ventaja adicional de requerimientos menores de espacio en el sitio. Arrugar un gran diámetro es más difícil, para aquellos que tienen el ancho de pared estándar. Como resultado, este proceso es generalmente aplicado a forros de pared delgada.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 300 mm a 1100 mm.
- Reducción del diámetro del forro: 40%.
- Material del forro: polietileno.
- Material de la tubería: cualquiera.

2.1.3.2. Revestimiento arrugado industrial

En el sistema de forros plegados en fábrica el revestimiento es arrugado poco después que ha sido expulsado. Al forro se le permite serenarse lentamente, luego éste es pasado a través de una herramienta que le da su nueva forma. El forro es usualmente arrugado para tomar la forma de “U” la cual es permanentemente retenida por el forro. El revestimiento es luego enroscado para su transportación al sitio.

Almacenar el revestimiento en un carrete, nos permite utilizar esta técnica en sitios en los cuales el espacio es limitado, por tanto incrementa la versatilidad del sistema.

Este método de almacenaje restringe el tamaño y longitud del forro que puede ser surtido. A un mayor diámetro, una menor longitud de forro puede ser enrollado en el carrete. El mayor diámetro de revestimiento arrugado en industria que puede ser surtido es de 300 a 400 milímetros, el cual está disponible en longitudes de 100 a 150 metros. Anqué en longitudes mayores de 1,2 kilómetros forro de 110 milímetros de diámetro puede ser surtido.

Una desventaja adicional de este sistema es que las longitudes plegadas de forro no pueden ser unidas después del proceso de plegamiento, por lo tanto las longitudes que pueden ser instaladas son restringidas.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 100 mm a 400 mm.
- Reducción del diámetro del forro: 50%.
- Material del forro: polietileno.
- Material de la tubería: cualquiera.
- Máxima longitud de instalación: 100 a 150 metros.

2.1.3.3. Forro a un tubo de servicio

La mayoría de técnicas de forro ajustado fueron desarrolladas para utilizarlas en tubos de 75 milímetros. Existe un método de re-forrar tubos de servicio, particularmente aquellos fabricados con plomo. El sistema consiste en insertar un tubo plástico en la tubería original y aplicar calor y presión para expandir el tubo y así formar un revestimiento ajustado.

Seguido del aislamiento al tubo de servicio de suministro principal, el tubo de servicio debe ser limpiado para remover restos y depósitos de corrosión. Esto se efectúa utilizando cable rotatorio y cepillos los cuales son pasados por el tubo. El aire comprimido es luego utilizado para soplar hacia afuera y aflojar los residuos. El forro es entonces insertado en la tubería. Para esta etapa el forro consiste de un tubo de 6 a 10 milímetros de diámetro.

El orificio del tubo de plástico es luego calentado a 83 grados centígrados al circular agua caliente. Cuando esta temperatura es lograda la presión aumenta a 4,5 bar para expandir el forro hasta que forme un acoplamiento con el tubo de servicio. La presión es mantenida utilizando aire comprimido hasta que el revestimiento se encuentra frío y listo para utilizarse. El proceso de expansión y luego de enfriamiento del forro toma alrededor de 15 a 20 minutos.

El forro de plástico ofrece protección contra la contaminación del tubo por plomo. Este puede insertarse a un costo menor o comparable al reemplazo total, sin las molestias asociadas. El sistema no puede ser utilizado en arreglos tales como llaves de paso, sin excavación extra.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 15 a 20 milímetros.
- Material del forro: polietileno *Teraphthalate*.
- Material de la tubería: principalmente plomo.

2.1.3.4. Forro *Nupipe*

En todo el sistema de forro ajustado se utiliza el polietileno como el material de revestimiento. La excepción es *Nupipe* en que este utiliza PVC modificado para hacerlo más suave y flexible. Esta modificación no lo hace recomendable para ser utilizado en líneas de tubería de agua potable, por tanto es utilizado en alcantarillado donde la poca rigidez del PVC frío es una ventaja.

El forro es calentado antes de ser insertado dentro del tubo original para hacerlo flexible. Una membrana flexible de aire firme es pasada dentro del tubo original para prevenir que el exceso de calor sea transferido a las paredes de dicho tubo. El revestimiento es entonces pasado por un cilindro caliente por los extremos sin tapar en donde se introduce una herramienta de redondear bajo presión. La herramienta expande el forro en forma de U hasta que éste forma un ajuste cercano con el tubo original. Al forro se le permite entonces enfriarse, bajo presión. La aplicación de presión provoca agujeros a la estructura, indicando la localización de laterales. Cortadores a control remoto son utilizados para reabrir estas conexiones.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 100 mm a 300 mm.
- Material del forro: PVC modificado.
- Material de la tubería: cualquiera.
- Máxima longitud de instalación: 200 metros.

2.2. Sistema de curado en tubería

Es una técnica de renovación consistente en la inserción de tubo flexible de fibra matriz, el cual es rellenado de resina térmica, dentro de una tubería de agua que produce un tubo estructural al ser curado.

Previa la inserción del tubo de revestimiento, las conexiones son cerradas y cualquier obstrucción removida y el tubo limpiado. El forro es entonces insertado y curado. Una vez es logrado el curado completo, las conexiones y los laterales del tubo renovado son puestos en servicio nuevamente.

El tubo de revestimiento es un líquido de resina térmica, y una capa externa a la manga, plástica, construido en dos partes: la fibra matriz que contiene, la cual permite relativamente un fácil y limpio manejo del tubo que reviste antes y durante la instalación.

Las manufacturas utilizan diversas formas para dar vuelta al forro, incluyendo agua, espuma o aire comprimido. Durante la inserción del forro éste se va dando vuelta conforme viaja por la tubería, resultando al revés, en la superficie exterior de la manga plástica, que viene a ser la superficie interna del tubo reparado, con el compuesto de resina estando en contacto con la tubería existente. Un pre-forro es en ocasiones utilizado para asegurar que la resina no entre en contacto con el tubo o se pierda al desplazarse por una conexión.

La presión en el tubo presiona al forro de resina contra la pared del tubo original. Una vez el revestimiento ha encontrado el final de la sección del tubo a reparar, ya sea agua caliente o espuma, son introducidas a la tubería para curar la resina térmica. Este resulta en un tubo estructural duro curado en sitio.

Un robot cortador será utilizado para reabrir conexiones para restaurar el flujo, y una inspección final de cámara CCTV es luego realizada. Los sistemas alternativos utilizan un cabestrante para instalar el tubo de revestimiento. Estos forros son empujados dentro del tubo huésped como tubos colapsados, luego inflados y curados. Se inflan generalmente utilizando aire comprimido, y son curados con espuma. Un sistema utiliza una manguera de PVC que se inserta al forro y lo llena con agua para mantener la presión sobre el forro contra la pared del tubo original, mientras éste se cura a temperatura ambiente. El tubo de PVC es luego removido.

Luego de limpiar el tubo y desviar el flujo, el forro impregnado es insertado al tubo principal utilizando aire comprimido. El revestimiento es jalado por un cable cabestrante, el cual es luego utilizado para remolcar el montaje de luces ultra violeta. El curado es efectuado por un tren de luces ultra violeta las cuales son jaladas por el forro inflado a un ritmo predeterminado. El proceso no es sensitivo a la temperatura del suelo.

Ventajas:

- Rapidez en la renovación.
- Variaciones pequeñas de diámetro del tubo original son conseguidas.
- Los sistemas son capaces de negociar curvas en la tubería pero arrugamiento local puede ocurrir.
- Varios sistemas de resina están disponibles para dar la resistencia requerida.

Desventajas:

- Número limitado de resinas han sido aprobadas para utilizarse en tuberías de agua potable.
- Las conexiones requerirán sellos después de ser cortadas.
- El costo de instalación es alto para tramos pequeños.
- Sobre bombeo es necesario para todos los flujos.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: 75mm a 2500 mm.
- Material del tubo original: cualquiera.
- Efecto en la sección transversal: reducción < 10%.
- Máxima longitud de instalación.

2.3. Sistema de revestimiento deslizable continuo

Técnica consistente en revestir el interior de un tubo introduciendo la membrana dentro del mismo.

Un tubo MDPE o HDPE es insertado dentro un tubo defectuoso, jalándolo por el tubo. Una nariz cónica es usualmente ajustada al borde del tubo para prevenir enganches y brindar ayuda proveniente del cable cabestrante, echar el espacio anular entre el tubo existente y el forro es usualmente requerido. Una zanja guía es necesaria para permitir el acceso del forro, este acceso es comúnmente situado en arreglos o curvas, donde los revestimientos no pueden utilizarse.

Los cilindros en los cuales va enganchado el forro por sus extremos son utilizados para proveer soporte al forro y para prevenir daño al ser éste jalado hasta la posición deseada.

Los tubos pueden unirse mecánicamente por medio de soldadura en los extremos. Todos los collares externos deben ser removidos para facilitar la inserción.

Después de insertar el revestimiento, y previo a lechar, las conexiones laterales necesitan ser identificadas y realizarse de nuevo en el forro. Esto se hace usualmente excavando en la posición de las laterales. Revestir con tubos continuos típicamente resulta en una reducción de la sección trasversal y en la rugosidad del tubo, resultando en un descenso global en la capacidad de transporte de fluido mayor al 30 por ciento.

Esta técnica es generalmente llevada a cabo donde el espacio es limitado, gracias a que se puede instalar el forro con gatos hidráulicos desde el pozo.

En esta instancia el forro es unido en la zanja guía y luego los gatos hidráulicos son utilizados para empujarlo hasta la correcta posición.

Ventajas:

- Es menos costoso que la tradicional excavación.
- La inserción del revestimiento es rápida.
- Se utiliza poca mano de obra calificada.
- Varios cientos de metros de tubo pueden forrarse en una sola operación.
- El revestimiento es capaz de acomodarse a radios de curvatura grandes.

Desventajas:

- Una zanja guía es necesaria.
- Reducción en el diámetro de la tubería.
- Excavaciones locales son necesarias para reconectar los servicios.
- El flujo debe ser desviado durante el trabajo.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 60mm a 2 500 mm.
- Material del forro: polietileno.
- Material de la tubería: cualquiera.
- Máxima longitud de instalación: 300 metros.

2.4. Forro inconexo

Este tipo de forros están basados en la aplicación de resinas las cuales son aplicadas directamente en las paredes del tubo.

2.4.1. Moldeado

En este sistema las unidades de revestimiento son hechas de polietileno, las cuales han sido moldeadas. El diámetro y grueso de pared de las unidades es específico, al fabricarse un molde de acero de la forma del alcantarillado. Los revestimientos son normalmente de 2 metros de longitud.

En el sitio, los forros son unidos utilizando fusión (donde no entran personas) y juntas a base de collares. Las uniones son realizadas en el acceso excavado y luego el forro es llevado a posición por un cabestrante.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: arriba de 1200 mm.
- Material del tubo original: cualquiera.
- Material de revestimiento: polietileno.
- Máxima longitud de instalación: 200 metros.

2.4.2. Revestimientos plásticos

Los revestimientos plásticos, las unidades pueden ser fabricadas de polietileno o de polipropileno. En alcantarillados se conectan manualmente las unidades de forro, en el pozo de visita o en el acceso excavado y luego son empujadas o jaladas hasta su posición, utilizando un equipo de cabestrante.

Estas unidades son ensambladas a presión o por un sistema de dientes y las sisas son selladas por un aro de hule que funciona a manera de empaque.

Este método de unión garantiza que no existan salientes externas en el revestimiento. Como resultado, el forro puede conformarse ajustadamente al perfil del alcantarillado.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: 100 mm a 800 mm.
- Material del tubo original: cualquiera.
- Material del revestimiento: polietileno, polipropileno.

2.4.3. Revestimientos GRP/GRC

Los forros de *Glass Reinforced Concrete* y *Glass Reinforced Plastic* pueden utilizarse en tuberías tanto presurizadas como sin presión. Las unidades son tanto moldeadas, enrolladas en filamento, como hiladas, por juntas zócalo o por un collar de extremo tipo junta. Estas juntas son además selladas.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: 300 a 2000 milímetros.
- Material de revestimiento: GRP, GRC.

2.5. Revestimiento de concreto

Técnica de origen británico para renovar y mantener alcantarillados utilizando materiales cementantes y elementos de acero.

Existen dos métodos por los cuales el forro de ferro-cemento puede aplicarse a alcantarillados; tanto esparcido en el sitio o como segmentos prefabricados para su posterior instalación.

En el primero de estos métodos los paneles pre-moldeados son posicionados y fundidos en el sitio. El refuerzo de acero es luego ajustado a las paredes e instalado en el alcantarillado. El mortero es esparcido en la armadura en dos capas, con un fino cepillado final.

El sistema consiste en producir unidades de material compuesto (hierro-concreto). Estas piezas pueden estar completas, como forro inconexo o como segmentos para ensamblar en el alcantarillado. El acero de refuerzo es colocado a la forma requerida y luego fundido. Estas unidades prefabricadas son llevados al alcantarillado vía pozos de visita, posicionados manualmente por personal y fundidos.

Este sistema puede también ser aplicado a alcantarillados que no tienen capacidad de albergar personal, donde las unidades deben ser posicionadas hidráulicamente. Ambos sistemas requieren una limpieza minuciosa del alcantarillado antes de su aplicación.

Ventajas:

- La variación de la sección transversal puede ser rápidamente acomodada.
- Las conexiones laterales son manejadas con facilidad.

Desventajas:

- Es requerido un control de infiltración.
- Es indispensable contar con las condiciones de seguridad para cuando los operarios se introducen y quizá más pozos de acceso sean necesarios.
- Una capacitación experimentada y un nivel de habilidad alto del operador es necesario.
- La reducción en la sección transversal y en la capacidad hidráulica puede ser importante.

2.6. Revestimiento de resina epóxica

La resina epóxica utilizada en esta técnica está hecha de dos partes: la resina y un endurecedor. Estos materiales son recomendados para su contacto con agua potable. El equipo de revestir consiste de una plataforma montada en la superficie y una unidad de aplicación.

La plataforma incorpora compartimientos de reserva para los materiales de revestimiento, equipo de bombeo y mangueras. La unidad de aplicación consiste de un mezclador y una cabeza de atomizar.

La entrada al servicio es lograda en ubicaciones apropiadas, típicamente cada 100 metros. La sección aislada del servicio es limpiada y luego un equipo CCTV es conducido para chequear que la tubería esté libre de depósitos y que no exista agua estancada.

Los materiales epóxicos son bombeados a la unidad de aplicación, donde ellos son mezclados y luego atomizados al tubo. La unidad es introducida al servicio, dejando un revestimiento de un milímetro de grueso.

Después de la aplicación, la resina epóxica aproximadamente cura por alrededor de 16 horas, antes que el servicio se reactive.

Ventajas:

- No es necesario reabrir las conexiones de servicio.
- Se mejoran las características del flujo.
- La excavación es mínima.

Desventajas:

- El tiempo de curado puede ser significativo.
- Un suministro alterno es requerido durante la aplicación y el curado de resina.
- Una inspección con CCTV del tubo es necesaria antes y después de revestir.
- No tiene integridad estructural.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro: 75 a 300 milímetros.

2.7. Revestimiento polimérico

Existen dos métodos de aplicación de este tipo de revestimiento polimérico; bombeado y no bombeado.

En el primero de estos sistemas la resina y el endurecedor son bombeados a la cabeza de atomizar por vía de mangueras separadas. Estos dos materiales son mezclados en la cabeza de atomizar y luego aplicados al alcantarillado. La cabeza de atomizar es introducida al alcantarillado, la velocidad de aplicación determina el grueso del revestimiento.

En los sistemas con bombeo la cabeza es sujeta también con un cable a través del alcantarillado. Como fuere, la resina y el endurecedor están ya contenidos dentro de las mangueras, alimentando la cabeza de atomizar. La cantidad de material en estas mangueras controla el grueso del revestimiento, junto con el ritmo de progreso de la cabeza.

El consumo de las mangueras pasa por la parte de atrás de la cabeza, para prevenir que estas mangueras dañen el revestimiento, la resina debe ser curada rápidamente, típicamente dentro de 2 ó 3 minutos.

Previa aplicación de cualquiera de estos sistemas, el alcantarillado debe ser limpiado para remover grasa, incrustaciones y raíces. También es necesario sellar el alcantarillado contra infiltración y remover el agua estancada. Flujos dentro del alcantarillado deben también ser desviados durante la aplicación y curado del revestimiento.

Ventajas:

- Una rápida instalación.
- El trabajo puede realizarse desde pozos de visita existentes.
- Cien metros de tubería pueden ser revestidos en una sola operación.
- El flujo es mejorado.

Desventajas:

- A largo plazo las propiedades estructurales no han sido establecidas.
- El curado de la resina es necesario.
- Sobre bombeo es requerido.
- El control de infiltración es necesario.
- Deformación de los tubos existentes puede causar problemas.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro: 250 mm a 600 mm.
- Material de revestimiento: resina epóxica y poliuretano.
- Material de tubería existente: concreto, barro cocido, etc.
- Longitud típica de instalación: cien metros entre pozos de visita.

3. NUEVAS TÉCNICAS PARA UNA NUEVA INSTALACIÓN

3.1. Taladro guiado

Esta técnica de origen estadounidense, es generalmente utilizada para la instalación de tuberías de agua menores a 300 milímetros de diámetro usando una cabeza perforadora manejable y guiada, utilizada en instalaciones normalmente mayores a 100 metros de longitud y con capacidad curvas ajustadas.

Esta técnica fue originalmente desarrollada para la instalación de cable eléctrico bajo obstáculos tales como aeropuertos, autopistas, vías peatonales, caminos y ríos. En general una cabeza cortadora, sujeta a una línea de perforación es empujada dentro del terreno bajo el obstáculo. En la salida, un rimador y la tubería de agua son sujetados a la línea de perforación y luego jalados de regreso a la plataforma de perforación.

Siempre existe el peligro, cuando se utiliza el taladro guiado, que la cabeza cortadora choque con un cable eléctrico de poder, razón por lo cual es muy importante chequear la ubicación de los cables eléctricos y también el uso de equipo de protección contra los mismos.

La plataforma entonces empuja la cabeza cortadora en el terreno a un ángulo poco profundo bajo el obstáculo. Para una cortadora de fluido a chorro la cabeza cortadora consiste de una cabeza rotatoria con fluido, en la cual la acción cortadora es provista por una serie de pequeñas boquillas impulsoras de diámetro pequeño y una cara angulada la cual es utilizada como un mecanismo de guía.

Como ayuda a los operarios, para guardar el paso de progreso de la cabeza cortadora una sonda transmisora es montada detrás de la cabeza perforadora. La señal transmitida por la sonda puede localizarse desde la superficie por un operador usando un dispositivo de localización. Típicamente el taladro guiado es utilizado en áreas urbanas donde existe un relativo número de servicios. Otro tipo de cabezas cortadoras pueden ser utilizadas, incluyendo cuchillas lubricadas y percusión en seco.

Durante una operación normal la cabeza cortadora rota y corta en una línea recta. Cuando un cambio de dirección es requerido la rotación de la cabeza cortadora es detenida. El operador esta entonces facultado a cambiar la dirección de la línea de perforación posicionando la cara angulada de la perforadora en la ruta requerida. La línea de perforación es entonces empujada hacia delante y el proceso repetido hasta que la cabeza perforadora vaya en la dirección correcta.

La rotación de la cabeza cortadora es entonces reanudada y la perforación continúa hasta que la cabeza cortadora emerge.

Después que el túnel ha sido exitosamente estabilizado el mismo es ampliado a la medida correcta.

Esto es logrado sujetando un rimador rotacional y tubería de agua en la línea y luego jalando la línea de escariar de regreso a la plataforma. La longitud completa de tubería de agua es unida previo a ser sujeta al rimador.

Ventajas:

- Inconvenientes mínimos alrededor del área de trabajo.
- Procedimiento relativamente rápido.
- Mayor control sobre la dirección que con las técnicas topo no guiadas.

Desventajas:

- No debe utilizarse en arena o material gravoso.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: arriba de 300 milímetros.
- Material de tubería: polietileno.
- Longitudes típicas de instalación: 100 metros por día.

3.2. Zanjeo estrecho

El zanjeo estrecho es un método de corte y levantamiento de la superficie, que es utilizado para la instalación de tuberías con la perturbación mínima y el subsiguiente reemplazo de la superficie.

Aunque el zanjeo estrecho es un método que implica levantar el terreno, todas las operaciones son controladas desde la superficie y esto implica no necesitar un operario que se introduzca en la zanja.

La maquinaria típica de zanjeo estrecho consiste en una unidad de poder montada en un chasis maniobrable con un sistema hidráulico y un brazo móvil, al cual las partes cortadoras están sujetas. Una tubería nueva es instalada gracias al avance a lo largo de la ruta planeada para la tubería, con el brazo cortador rompiendo y abriendo la zanja a la profundidad requerida. Luego, la tubería es colocada y la zanja reinstaurada. Las tuberías flexibles son instaladas utilizando este método aunque es posible la instalación de tubería rígida, tal como la de hierro dúctil.

Existen dos métodos básicos para la excavación de zanjas, denominados aro de piedra y cadena zanjeadora. Un aro de piedra es una rueda maniobrable de forma circular con platos atornillados a la circunferencia. Sobre estos son montados dientes cortadores o picos los cuales son cónicos y tienen puntas de carburo de tungsteno. El aro de piedra revoluciona a alrededor de 50 revoluciones por minuto, durante la excavación.

La cadena zanjeadora incluye también cortadoras en movimiento, pero consiste en una cadena sin fin de platos montados en una banda extendida. Los cortadores pueden también consistir de pequeñas cubetas cuando el suelo a excavar, no es suelo firme.

El aro de piedra y la cadena zanjeadora son adecuados para condiciones de calzadas, suelos firmes y roca.

Los registros y planos deben ser estudiados al mismo tiempo junto a una minuciosa inspección del sitio antes de que la excavación comience para obviar riesgos de daño a otros servicios.

Ventajas:

- Método más rápido al convencional trabajo de zanjeo, con un costo y un deterioro menor; efectivo en longitudes cortas más que otras técnicas de instalación.
- Un menor reemplazo requerido que con los trabajos convencionales.

Desventajas:

- Otros servicios enterrados o piedras pueden afectar la velocidad de instalación.
- Por el ancho el acceso puede tornarse mínimo y por ende volverse restrictivo.
- El espacio es limitado para asegurar adecuadamente la compactación del relleno.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro para tuberías: 90 a 500 milímetros.
- Material de la tubería: polietileno, hierro dúctil.
- Profundidad máxima de instalación: 3 metros.

3.3. Tubo hidráulico

El escudo hidráulico consiste en un cilindro de acero desde el cual la excavación del túnel es ejecutada. Ésta puede realizarse a mano o por excavadoras mecánicas a control remoto. La tubería de la línea es conectada a la parte trasera del escudo tunelador. A medida que el escudo avanza por el terreno, más tubos son añadidos a la línea en el pozo de conducción. El desperdicio de la cara excavada puede ser removido por una variedad de maneras incluyendo bombeo de lodo y en construcciones largas con capacidad de alojar personas con vagones o vagonetas.

El movimiento hacia delante del escudo es logrado por la operación de gatos hidráulicos posicionados en el pozo de conducción. Éstos reaccionan contra una pared de impulso en el propio pozo. Se mantiene la línea de tubos moviéndose hacia delante para evitar que la tubería se pegue al terreno, al encontrarse estacionada por largo tiempo. Después de completar la longitud de conducción, el escudo es recuperado en el pozo de recepción dejando completa la instalación de la línea de tubería. El escudo puede ser manejado, asegurando la línea y nivel correcto de la tubería. El alineamiento inicial de la tubería hidráulica es obtenido por la posición de la baranda guía dentro del pozo de impulso en el cual los tubos son posicionados.

Para longitudes considerables de líneas de tubería, las estaciones hidráulicas intermedias son realmente necesarias para poder permitir impulsos secuenciales de secciones de tubería. Las conducciones de varios cientos de metros son alcanzables utilizando esta técnica.

Los tubos utilizados para esta técnica son especialmente diseñados para asegurar que todas las juntas estén a ras con las paredes del tubo y que sean lo suficientemente fuertes para resistir las fuerzas hidráulicas aplicadas.

Ventajas:

- Movimiento mínimo de tierra.
- El nivel de ruido y molestias al tránsito son mínimas comparadas al zanjeo tradicional.

Desventajas:

- Una investigación a fondo del sitio es esencial.
- Las características del suelo tienen un efecto significativo en la elección y aplicación del sistema de tubo hidráulico.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: arriba de 900 milímetros.
- Material del tubo: concreto, GRP (*glass reinforced Plastic*) y arcilla.
- Longitudes típicas de instalación: 80 a 120 metros.

3.4. Perforación dirigida

Técnica generalmente utilizada para instalaciones largas (arriba de 1,5 kilómetros) para suministros de agua mayores a 300 milímetros de diámetro.

La perforación dirigida fue originalmente desarrollada por la industria petrolera para instalar tubería bajo obstáculos tales como ríos o cruces, en los cuales la línea de tubería se sigue, a poca profundidad para omitir cualquier obstáculo.

En general, una perforadora guiada por rotación, es utilizada para perforar un túnel piloto bajo el obstáculo y luego un dispositivo escariador o rimador es sujetado y jalado de regreso para engrosar el túnel.

Cuando el diámetro correcto de perforación ha sido logrado, la tubería es instalada. Esto es ahora ampliamente utilizado para instalaciones de tubería para agua bajo vías motorizadas, ríos, lagos, pistas y áreas ambientalmente sensibles.

Dos tipos de cabezas cortadoras son utilizadas dependiendo de las condiciones del terreno, un aparato cortador con fluido a chorro o una cabeza lodosa y manejable de motor. El motor manejable y lodoso es principalmente utilizado en arenas, arcillas o piedras sueltas con el de fluido a chorro se utiliza el material descargado con agua y así se lubrica el túnel y se remueve el suelo.

La cortadora con fluido a chorro es principalmente utilizada en sedimentos, arcillas depositadas o arenas y opera forzando al barro por pequeños orificios con la energía del fluido a chorro cortando el terreno.

Un tubo de lavado de aproximadamente 140 milímetros es introducido junto con la línea y sigue detrás a la cabeza perforadora. La operación continúa con la línea piloto y el tubo de lavado hasta el punto de salida en el lado opuesto al obstáculo.

La línea piloto es retirada y el túnel ensanchado por un barreno escariador sujeto y jalado de regreso por el tubo de lavado.

Para asegurar una ruta certera se mantiene en toda la operación de perforación un paquete de peritaje localizado justo detrás de la cabeza cortadora. Si es necesario la línea de perforación puede ser retrocedida y el túnel vuelto a perforar para mejorar la precisión o tratar cualquier piedra u obstáculo pequeño encontrado.

Para asegurarse que la cabeza cortadora sea la correcta, es esencial preocuparse por una serie de investigaciones sobre el terreno. Si en estas investigaciones se encuentra suelo granular y gravas, entonces la perforación direccional no deberá utilizarse. Esto se da porque las posibilidades de colapso en las paredes durante el desgastado se incrementan.

Ventajas:

- Se logra una rápida instalación.
- Tuberías pueden instalarse sobre distancias largas.
- La alineación y nivelación son controladas.

Desventajas:

- En el punto de entrada de la perforación un área amplia es requerida para la plataforma de perforación y el equipo auxiliar.
- Posibilidades de colapso en las paredes del túnel, si el suelo es granular o rocoso.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de la tubería: 300 a 1 500 milímetros.
- Material de la tubería: acero, polietileno.
- Longitudes típicas de instalación: arriba de 1 500 metros.

3.5. Perforación por surco

Es utilizada para instalar una línea de tubería jalando un arado por el terreno y simultáneamente insertando una longitud continua de tubería flexible.

Un arado de cuchilla de acero y un tubo son jalados por el terreno utilizando una unidad de tracción y una unidad cabestrante.

Mientras el arado pasa, el terreno es movido al lado, permitiendo a la tubería ser insertada. Esta tubería debe ser lo suficientemente flexible para ser alimentada desde arriba del topo de arar y luego guiada por la caja de tubería dentro del surco formado en el suelo.

Luego que la máquina ha pasado, la gravedad y la distensión natural del suelo son alrededor del 80 por ciento del asentamiento de la superficie del terreno se recomienda, el uso de un vibrador, para la correcta compactación del terreno. La mayoría de los suelos son satisfactoriamente compactados al perfil original de superficie de esta manera.

Debido al tamaño del equipo y al método de operación, el topo de arar es más recomendable para líneas de tubería construidas en áreas rurales, sobre distancias de 1 kilómetro o mayores, donde otras tuberías o cableados no serán encontrados a profundidades mayores de 2 metros.

Normalmente, una capa de material fino es colocada, esto provee de un entorno adecuado al tubo.

Ventajas:

- Rápida instalación.
- Costos más bajos que con el zanjeo tradicional.
- Menos molestias al ganado y los sembradíos.

Desventajas:

- Recomendable solamente para uso en áreas rurales y para longitudes considerables de tubería.
- Servicios encontrados pueden afectar la velocidad de instalación.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería. 45 – 300 mm.
- Material de tubería a instalar: polietileno.
- Profundidad máxima de instalación: 2 metros.

3.6. Taladro por impulso

Técnica que produce un túnel guiando un tubo cerrado o una varilla a través del terreno, usando un impulsor hidráulico.

El equipo para taladrar por impulso consiste en una plataforma de perforación con impulsores hidráulicos y un dispositivo sujetador de barras, todo lo cual está situado en el puesto de inserción. Las barras son posicionadas en la plataforma, sujetadas por abrazaderas o conexiones finales, y luego empujadas. Más barras son conectadas e insertadas por el terreno. Esto continúa hasta que las barras encuentren el puesto de recepción.

Una cabeza perforadora es sujeta al frente de las barras para facilitar la circulación a través del suelo. A diferencia de micro-tunelar o perforar, el insertar es algo constante, mediante una serie de impactos.

La cabeza perforadora no cuenta con rotación para forzar su ruta por el terreno y por ende ningún suelo es excavado. A causa de esto, la técnica no es idónea para suelos duros. Esto también limita el tamaño del túnel que se puede producir de esta manera, 150 milímetros es el máximo que se logra con muchas máquinas. La técnica recurre a la compactación para formar el túnel, de manera que los suelos cohesivos son más recomendables.

Para engrosar el túnel, la cabeza perforadora es reemplazada con un rimador cuando emerge en el puesto de recepción. Este rimador es jalado de regreso por el túnel, trayendo la tubería con él. El taladro por impulso puede utilizarse para instalar tuberías plásticas, o revestimientos por los cuales la tubería puede luego insertarse.

El taladro por impulso es generalmente utilizado en líneas rectas entre los puestos de lanzamiento y recepción. La dirección y la profundidad es establecida en el puesto de lanzamiento previo a la perforación.

Existen algunos sistemas conducibles disponibles. La cabeza perforadora en estos es en forma de cuña, lo cual genera una fuerza de deflexión en la cabeza causando que cambie de dirección.

El curso puede ser chequeado por un transmisor eléctrico y un sistema de detección, y guiado al tornar la cabeza vía las barras. Si un túnel recto es requerido con este sistema, la cabeza tiene que rotar constantemente.

Ventajas:

- Esta tecnología está capacitada para realizar un túnel curvo.

Desventajas:

- Sólo recomendable para diámetros pequeños y tubos flexibles.
- Requiere un puesto de conducción.
- Es dependiente de las condiciones del suelo.

Datos técnicos:

- Rango de diámetros para los tubos: 50mm a 150 mm.
- Material de la tubería: polietileno, acero.
- Longitud típica de instalación: mayores de 30 metros.

3.7. Micro-tunelar

Técnica para tuberías de diámetro menor utilizando, técnicas manejables de tubo hidráulico a control remoto.

Micro-tunelar consiste en utilizar un escudo tunelador a control remoto para excavar un túnel en el cual la tubería es instalada. Esta línea de tubería es conectada a la parte trasera del escudo micro tunelador.

A medida que el escudo forma el túnel, la tubería es empujada hacia delante por el posicionamiento de gatos hidráulicos dentro del pozo.

Más tubos son posicionados dentro del pozo, conectados a la línea de tubos y luego forzados hacia delante. Este proceso continúa hasta que la máquina tuneladora llega al pozo de recepción, dejando detrás una longitud de tubería instalada. La única excavación requerida de la superficie es para los pozos de recepción y conducción o lanzamiento.

De la excavación se encarga el escudo tunelador y existe un rango de cabezas cortadoras que pueden utilizarse, depende del tipo de suelo y los niveles de agua en el mismo. Las cabezas pueden ser arregladas con cuchillas para suelo suave o suelto, picos para suelo duro o roca suave y discos cortadores para roca sólida.

Una vez excavado, el desperdicio puede removerse tanto por una aspiradora, un taladro mecánico. En el primero de estos sistemas, la presión de aspiración es utilizada para succionar el material fuera por una de las caras tuneladas, de regreso a los depósitos en la superficie. Alternamente, una broca puede utilizarse pasándola a través de la nueva tubería instalada. En este sistema el desperdicio es colectado en un salto y dejado fuera del pozo de conducción. El sistema berbiquí es preferido para pequeños pozos desde que el ritmo de remoción es considerablemente más rápido que con otros sistemas.

En el sistema de remoción por barro, el agua o bentonita puede utilizarse para convertir el desperdicio en barro dentro la cabeza cortadora. El barro, que es a base de agua, es entonces bombeado a la superficie a través de tubos dentro de la línea de tubería.

El desperdicio es luego colectado en una planta procesadora, donde es removido y el barro reciclado de vuelta a la cara cortadora.

El sistema de barro puede utilizarse para controlar el agua externa en el suelo balanceando la presión del barro ya que esto compensa la presión del agua en el terreno. El sistema por barro es usualmente más aconsejable para conducciones a través de longitudes largas, especialmente en suelo granular y donde hay agua subterránea.

Las condiciones del terreno tendrán un efecto importante en la selección del sistema de micro-tunelar para una situación en particular ya que ella determinará el tipo de máquina a utilizarse, la cabeza cortadora, el sistema de remoción de desperdicio y la fuerza hidráulica requerida.

Las máquinas micro-tuneladoras pueden manejarse para asegurar el correcto nivel y alineamiento de la tubería. La exactitud del túnel es normalmente determinada utilizando una guía láser de control. Las máquinas son operadas desde la cabina de control en la superficie.

Ventajas:

- Puede ser menos costoso en la instalación de tuberías a profundidades considerables.

- Los niveles de ruido y molestias de tránsito son mínimas comparadas con el tradicional zanjeo.
- La línea y el nivel de la tubería pueden ser controlados exactamente y chequeados.
- Túneles curvos pueden producirse con esta técnica.

Desventajas:

- Minuciosas investigaciones de sitio son esenciales, en especial para determinar el sistema más apto a utilizar.
- Las piedras y obstáculos pueden paralizar la instalación.
- El costo de capital en equipo es alto.
- La habilidad y experiencia de los operarios es significativa.
- Los pozos de conducción o lanzamiento y recepción son requeridos.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubería: 150 a 900 milímetros.
- Material de tubería: concreto, GRP (*Glass Reinforced Plastic*) y arcilla.
- Longitud típica de instalación: 100 metros.

3.8. Berbiqui

El equipo berbiquí consiste en una cabeza cortadora unida a un barreno o berbiquí helicoidal. La acción rotacional del barreno simultáneamente hace rotar la cabeza cortadora y remueve el suelo excavado del túnel. La broca se encuentra en una envoltura de acero.

La cabeza cortadora y los berbiquíes son rotados desde el punto de control por una unidad de poder o transmisión. Muchos sistemas berbiquí incluyen equipo de tubería hidráulica, que permite a dicha envoltura ser movida hacia delante conforme la cabeza cortadora avanza.

Los sistemas generalmente no tienen guía, así que la línea y el nivel del túnel es determinado en la estación de control. La técnica de berbiquí es la más adecuada a utilizarse en suelos cohesivos o en suelos no cohesivos, pero estables.

De cualquier forma, el taladro será desviado de su curso por rocas, obstáculos o suelo suelto. La conducción es lograda por una articulación de la envoltura cerca de la cabeza cortadora, que es controlada por barras desde el punto de control. Los sistemas berbiquí guiados han sido desarrollados también, pero estos han tenido un uso limitado.

También es posible perforar sin una envoltura, práctica conocida como túnel libre. Es utilizada para tuberías de 50 a 150 milímetros de diámetro cuando el daño o riesgo de un colapso sean mínimos.

Túneles revestidos pueden ser producidos arriba de 1,500 milímetros, en longitudes arriba de 50 metros.

Ventajas:

- Mínima o nula perturbación de la superficie del suelo.
- No ocasiona molestias al tránsito vehicular.

Desventajas:

- Generalmente sin guía.
- Una minuciosa investigación de campo es requerida.
- Largos obstáculos o suelo muy suelto pueden causar problemas.

Datos técnicos:

- Diámetro de tubería: 150 a 1500 milímetros en túneles revestidos, de 50 a 150 milímetros con perforaciones sin revestimiento.
- Material de la tubería: revestimientos de acero con otro tipo de tubería y cables también pueden instalarse.
- Longitud típica de instalación: 60 metros.

3.9. Perforación por impacto

Técnica utilizada para la instalación de tubería produciendo un túnel por el desplazamiento del suelo, utilizando un martillo o una acción de percusión.

Un pistón de aire comprimido golpea a un yunque al frente del topo, el cual generalmente tiene la forma de un torpedo. El topo se mueve hacia delante debido a la fricción producida entre la piel del topo y el suelo vecino. Esto fija al topo en el lugar y por lo tanto previene cualquier movimiento de regreso. La actuación de éste por lo tanto depende del tipo y condición del suelo en el cual se está operando. La acción de percusión del impacto tiene el efecto de compactar el suelo en el área inmediata al túnel formado y por lo tanto el topo puede sólo ser utilizado en suelos que permitan esta compactación.

Existen dispositivos de taladrar, los cuales tienen una habilidad de manejo limitada, como sea, la mayoría no pueden ser guiados. Así, que para asegurarse el éxito en la instalación es importante que la dirección, profundidad y nivel sean cuidadosamente establecidos antes que el topo sea lanzado.

Equipo de monitoreo puede ser utilizado para localizar el progreso del topo por el suelo. Si el topo encuentra una obstrucción o se desvía de su curso, este debe de retirarse y reiniciar el trabajo.

En esto es esencial asegurarse que no existan otras tuberías, ductos o cables a lo largo de la ruta estimada para la nueva línea de tubería, las cuales potencialmente pueden ser dañadas por el topo.

Dos fosos son excavados, uno para lanzar el topo y otro para recibirlo. Una cuna de lanzamiento es montada y ajustada para alinear y nivelar el topo antes del comienzo de la operación. Esto asegura que el topo se alinee con el foso de recepción y emerja a la profundidad correcta. El foso de lanzamiento típicamente será de 1,5 metros de largo, un metro de ancho y aproximadamente un metro de profundidad.

El foso de recepción tendrá al menos la longitud del topo para permitir que sea removido. Una vez el túnel se haya producido por el topo la tubería es instalada sujetándola a la manguera de aire de éste y luego jalándola por el hueco.

Los topos de impacto son cabezas arregladas para agrietar y cabezas con diferentes tipos de movimiento. El tipo martillo ajustado, opera por aire comprimido, impacta en la cabeza sólida la cual es guiada y atornillada en el cuerpo de la herramienta.

La cabeza de martillo movable impacta en un yunque intermedio y la cabeza que penetra en el terreno es montada en un muelle o resorte.

En teoría esto permite que toda la energía inicial de impacto sea concentrada en empujar la cabeza dentro del terreno, mientras que con el tipo ajustado el mismo impacto también tiene que vencer la fricción y mover el cuerpo hacia delante al mismo tiempo.

Las perforaciones por impacto pueden lidiar con algunos obstáculos sin que sea desviado el curso. Esto es logrado sujetando diferentes tipos de cabezas al topo, lo cual permite la perforación en diferentes condiciones de suelo.

Las perforaciones por impacto pueden ser utilizadas con exactitud en la mayoría de suelos con tendencia a ser compactados para distancias arriba de 10 metros. Para distancias grandes, cuando la exactitud es reducida, la práctica de “puntada” puede ser empleada. Pequeños fosos son excavados a lo largo de la ruta del topo, así el nivel y la línea de ruta pueden verificarse.

Los topes son generalmente utilizados para instalar tuberías de servicios con pequeños diámetros de entre 30 y 80 mm, en una sola operación. Múltiples pasadas del topo pueden lograr diámetros de 200-250 mm.

Ventajas:

- Simplicidad en su operación, con una mínima cuota de habilidad requerida.
- Los costos de operación son bajos.

Desventajas:

- Los topes pueden desviarse de su curso por las condiciones cambiantes del terreno u obstrucciones.
- Los topes tienen una mínima o ninguna capacidad de maniobra y por lo tanto no pueden ser guiados alrededor del obstáculo.
- La operación en suelo duro o terreno con empedrados puede resultar difícil
- Riesgo potencial a los servicios existentes.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro para tubería: 30 a 80 mm (arriba de 250 mm con múltiples pasadas).
- Material de la tubería a instalar: PVC-U, polietileno.
- Longitud típica de instalación: arriba de 10 metros en una operación.

3.10. Tubería insertada

Técnica no conducida para la instalación de tubería envolviendo un revestimiento guiado por el terreno gracias a un martillo neumático. Esta técnica es típicamente utilizada para atravesar caminos, vías, ríos etc.

El martillo neumático es esencialmente un topo de largo impacto que se ajusta al final del revestimiento. La cabeza del topo de impacto es modificada añadiéndole una nariz cónica para prevenir que el impacto deforme el fin del revestimiento. Una longitud de revestimiento, usualmente tubo de acero, es alineado en la dirección deseada con el topo de impacto detrás.

La longitud entera de revestimiento puede ser insertada de una sola vez, o las secciones pueden ser añadidas durante la operación.

La parte frontal donde empieza el revestimiento puede ser cerrada, en el caso de diámetros pequeños o abierta. Si es abierta, un aro cortador puede ser soldado a la misma.

En el caso de partes frontales abiertas, la mayoría del suelo que es desplazado entra en el revestimiento y forma un “corazón de pera”, que es una especie de tapón. Con esto, posiblemente será necesario lubricar la superficie de salida del revestimiento con agua o lodo. El tapón será removido usando un berbiquí, aire comprimido o un chorro propulsado. Después de la instalación del revestimiento la tubería es introducida por el mismo. Los puestos de manejo y recepción son necesarios para la operación del equipo. El puesto de conducción debe ser al menos tan largo como el topo de impacto junto al revestimiento. Un compresor de aire es requerido para conducir el topo, además de una unidad de poder para manejar el compresor.

Ventajas:

- La mínima destrucción de la superficie del suelo.
- No interrumpe al tránsito vehicular.

Desventajas:

- No es un sistema manejado o conducido.
- Investigaciones minuciosas del sitio son requeridas.
- No es recomendable a utilizar en el suelo rocoso.

Datos técnicos:

- Rango del diámetro de tubería: 50 a 1 400 milímetros.
- Material de tubería: revestimiento de acero, que puede utilizarse como manga o funda para otras tuberías y cables.

4. NUEVAS TÉCNICAS A TOMAR EN CUENTA EN EL MOMENTO DE PLANIFICAR EL REEMPLAZO DE TUBERÍAS EXISTENTES

4.1. Sustitución de tubería con tecnología sin zanja

La sustitución de tubería en nuestros días implica una serie de procedimientos rudimentarios que implica una gran cantidad de mano de obra así como también tiempo y dinero. El hecho de tener que sustituir una tubería significa romper la cinta asfáltica, extracción de tierra, paralización del sistema por un período extenso de tiempo, por lo tanto el costo humano y económico son elevados. A continuación se presentan varias técnicas de sustitución de tubería basado en la tecnología sin zanja las cuales evitan todos los inconvenientes antes mencionados.

4.2. Sistema para reventar tuberías

Este sistema comprende de varias técnicas para reventar tuberías, se escoge la más recomendable según el tipo de tubería y el estado en el que se encuentra.

4.2.1. Sistema expandit

Este sistema consiste de un topo de impacto conducido, conocido como bomba, con una aleta estática reventadora sujeta al frente.

Esta bomba es conducida por la tubería existente, usando una tensión constante radial como la de un torno. La acción reventadora es dada por la bomba, la cual tiene una fuerza de alto impacto. Los fragmentos de la tubería son comprimidos dentro del suelo circundante por el propagador.

Ventajas:

- La capacidad de la tubería puede mantenerse o incrementarse.
- La tasa de progreso pueden ser mucho más grande comparado con el trabajo de abrir o cortar el terreno, con una destrucción menor.
- Los pozos de visita existentes, con frecuencia pueden ser utilizados.

Desventajas:

- El desplazamiento de la superficie puede ser un problema en tuberías a poca profundidad o en suelos no compactados.
- Para dar servicio o reemplazar las conexiones (laterales) debe excavarse.
- La vibración causada con la reventadora puede interferir con los servicios y las estructuras adyacentes.
- La reventadora no debe utilizarse a menos de 300 milímetros de otro servicio.

Datos técnicos:

- Rango del diámetro de tubería: 50-600 milímetros.
- Material de tuberías a desechar: hierro, hierro dúctil, asbesto-cemento, PVC, concreto.
- Material de tuberías de reemplazo: PVC, arcilla y GRP.
- Longitud típica de aplicación: 80 metros.

4.2.2. Sistema portaburst

Las fugas en acometidas de agua potable y la existencia de infiltraciones al terreno en acometidas de saneamiento presentan buena parte de los problemas de las redes en zonas de baja densidad.

La sustitución de estos tramos de tubería presenta para los propietarios costos elevados que pueden ser reducidos mediante esta nueva técnica sin zanja.

Muchos kilómetros de pequeños colectores y acometidas de agua potable y gas son inaccesibles, bajo jardines, muros y edificios. La sustitución mediante apertura de zanja en estas situaciones, aun siendo viables, supone un importante costo e inconvenientes.

El sistema de sustitución de acometidas portaburst es un sistema ligero, manejable, económico y eficiente para la sustitución de acometidas de agua potable, gas y saneamiento de entre 50 y 150 milímetros de diámetro en el menor tiempo posible.

La utilización de este sistema para sustituir acometidas evitará las molestias y destrozos usualmente asociados a la construcción en zanja convencional. Es incluso recomendable para la sustitución de redes de abastecimiento en zonas de difícil acceso.

El sistema portaburst requiere únicamente dos pequeñas excavaciones para instalar la máquina e insertar la tubería. Tras el cabezal de rotura y expansión se engancha la nueva tubería de polietileno y se introduce en el interior de la tubería existente.

La renovación de una acometida de 30 metros de longitud se puede realizar en un tiempo total de dos horas, por lo que el trabajo completo se realiza en una jornada.

El sistema Portaburst genera muy pocas afecciones al entorno, es compacto, potente, silencioso, y no requiere excavaciones. La nueva tubería a instalar es de polietileno con soldadura a tope o en segmentos cortos con junta de tracción.

4.2.3. Sistema de envarillado

El equipo utiliza barras de acero pesado y una cabeza reventadora para quebrar el tubo existente.

El sistema barra hidráulica consiste de una cabeza reventadora estática, compuesta con aletas, la cual es jalada por la tubería gracias a una serie de varillas. Estas varillas son primero empujadas por la tubería, por una plataforma potenciada hidráulicamente, localizada en una zanja guía. Las barras de acero son aproximadamente de 1 metro de longitud y son empujadas dentro la tubería individualmente.

Después de que cada barra ha sido inserta, una nueva barra es alineada detrás de la anterior y el proceso es repetitivo. La cabeza reventadora es sujeta a las barras, conforme las mismas son jaladas de regreso, la tubería vieja es quebrada hacia fuera. El sistema puede también reventar la tubería original durante el proceso de envarillado.

Ventajas:

- La capacidad de la tubería puede mantenerse o incrementarse.
- El avance en los trabajos es más rápido comparada con abrir el terreno.
- Menos destrucción que la esperada al romper la superficie.
- No hay vibración, por tanto el daño a los servicios adyacentes es inexistente.

Desventajas:

- El desplazamiento de la superficie en tuberías poco profundas y en suelos no compactados.
- El servicio a las conexiones debe hacerse excavando.

Datos técnicos:

- Rango de diámetro de tubo: 50-200 milímetros.
- Material de tuberías a desechar: hierro, hierro dúctil.
- Material de tuberías de reemplazo: PVC.
- Longitud típica de aplicación: 80 metros.

4.3. Rajado de tubería

Esta técnica difiere a los sistemas discutidos anteriormente en que ha sido desarrollada específicamente para reemplazar tubos de acero.

Dicha técnica trabaja de una manera similar a la técnica de envarillado excepto que la cabeza que raja es utilizada para quebrar el tubo. Esta cabeza consiste de una serie de discos los cuales actúan dentro del tubo.

El propagador detrás de la cuchilla empuja la sección del tubo abierto, para permitir al tubo reemplazante ser instalado.

Ventajas:

- La capacidad de la tubería puede mantenerse o incrementarse.
- El avance en los trabajos es más rápido comparada con abrir el terreno.
- Menor destrucción que la experimentada al abrir zanja.

Desventajas:

- El desplazamiento de la superficie puede ser un problema en tuberías a poca profundidad o en suelos no compactados.
- Para dar servicio o reemplazar las conexiones debe excavar.
- Curvas repentinas en tuberías existentes no pueden ser tratadas.

Datos técnicos:

- Rango de diámetros de tubo: 50-150 milímetros.
- Material de tuberías a desechar: acero.
- Material de tuberías de reemplazo: polietileno.
- Longitud típica de aplicación: 150 metros.

4.4. Tensado de tubería

Técnica de reemplazar servicios de diámetro pequeño al sujetar un tubo nuevo al viejo y jalar este último por el terreno. Este método es particularmente apropiado para tuberías propias de servicio.

Esta técnica básicamente consiste en sujetar un tubo nuevo al ya existente, el cual es luego jalado, por tanto evitando excavaciones innecesarias.

Tirar de la tubería, se utiliza la línea original como guía del servicio obviando así la posibilidad de daño a otros servicios, los cuales siempre están en riesgo con una nueva instalación. Esto es particularmente útil cuando la posición de otros servicios es desconocida, lo cual con frecuencia sucede.

4.4.1. Sistema extractor

Es sistema extractor trabaja de una manera similar a la técnica *Bullit*, pero el cable del cabestrante ha sido adaptado para facilitar la renovación del tubo de servicio. Conos pequeños compensatorios son posicionados a lo largo de la longitud del cable del cabestrante. Estos se agarran a la pared interior del tubo cuando la fuerza jaladora es aplicada. La fuerza es distribuida a lo largo de la longitud del tubo y por tanto incrementa su efectividad. La plataforma del torno o cabestrante es posicionada dentro de un acceso excavado, y no por la superficie.

4.4.2. Sistema *bullit*

La renovación del tubo es lograda por el uso de la herramienta de reemplazo *Bullit*. Ésta consiste de un cono metálico sólido el cual es sujetado al cable de un cabestrante. Este cable es insertado por el tubo y la herramienta *Bullit* posicionada dentro la boca del tubo. El reemplazo del tubo es logrado por esta herramienta, permitiéndole ser jalada conforme el tubo viejo es removido.

La fuerza requerida para jalar el tubo hacia fuera del terreno es provista por un torno sujeto al otro lado del cable. Este torno es operado desde la superficie y puede igualmente ser montado en un tráiler o posicionado libre con un paquete de poder remoto.

El cable del cabestrante es insertado dentro de la tubería en servicio en una primera alimentación por un cable delgado de plástico el cual es sujetado a un alambre de 6 milímetros, el cual es en su momento sujetado al cable del cabestrante de 8 milímetros de diámetro. Estos tres cables son utilizados para asegurar que el cable del cabestrante pueda ser insertado por el pequeño diámetro del tubo de servicio.

El posicionamiento del cable del cabestrante puede causar problemas, particularmente si el diámetro pequeño del tubo de servicio (típicamente 15 milímetros) es reducido más allá por deformación. Si el cable se atasca dentro del tubo entonces talvez sea necesario excavar para liberarlo.

4.5. Sistema de forrado externo de tubo

La técnica consiste de un escudo micro-tunelador el cual ha sido fabricado específicamente y adaptado para permitir que la tubería existente sea quebrada y removida.

Este escudo tiene un mayor diámetro que la línea de tubería existente. El escudo come tubo es un tunelador a base de una roca estrujadora que logra romper el tubo. Un cono montado excéntricamente en el escudo estruja los fragmentos de tubo para facilitar su remoción del escudo.

Los fragmentos de tubo pueden ser removidos por una excavación a base de aspiración o al verter lodo. En el primero de estos sistemas, la presión de aspirado permite a los escombros ser succionados afuera del escudo hacia tanques en la superficie. En el sistema de verter, agua o bentonita que se hace circular hasta escudo y de regreso a una planta procesadora en la superficie.

Los escombros y fragmentos de tubo son removidos del lodo, el cual es reciclado y enviado de vuelta al escudo. En este sistema la línea existente debe ser sellada para mantener la presión del lodo.

El escudo come tubo es empujado hacia delante a lo largo de la ruta de la tubería existente utilizando gatos hidráulicos, localizados en el pozo de conducción o lanzamiento.

Los tubos reemplazantes son conectados a la parte trasera del escudo tunelador. Al final de la longitud de conducción el escudo come tubo es recobrado en el pozo de recepción, dejando una tubería nueva en lugar de la defectuosa.

Esta técnica puede ser utilizada para reemplazar tubos de arcilla, concreto, asbesto-cemento y tubos GRP. Algunas máquinas están capacitadas para reemplazar tubos de concreto reforzado.

4.6. Sistema de torsión de cuerda

Dos excavaciones son necesarias en la tubería principal de servicio y una cuerda es alimentada por el tubo para permitir su remoción.

La cuerda es alimentada a través del tubo por un motor conducido con un tambor, el cual rota sobre un eje horizontal.

La cuerda sale del tambor a lo largo de este eje y entra en el tubo, el final de la cuerda a sido quemado para formar un punto.

Los movimientos hacia adelante y hacia atrás del cable son provistos por tres carrizos posicionados a intervalos de 120 grados alrededor de la circunferencia de la cuerda. Esto causa que la cuerda rote a medida que viaja, limpiando el interior del tubo.

Una vez la cuerda ha sido posicionada una lechada de cemento es vertida dentro del tubo para formar un vinculo entre el tubo y la cuerda y es curada en 20 a 30 minutos.

Este vínculo permite al tubo y a la cuerda actuar como un objeto solido más accesible a resistir las fuerzas extensibles producidas cuando es jalado hacia fuera del terreno. El tubo es jalado por un mecanismo de gato hidráulico el cual es posicionado en uno de los accesos excavados.

5. PLANIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO PUNTUAL EN LA TUBERÍA

5.1. Fricción por aire

Método de limpieza no agresivo que utiliza aire comprimido, soplado dentro del flujo de agua, para remover deposiciones flojas y pequeños animales. Se utiliza para mejorar la calidad del agua.

La técnica consiste en introducir aire comprimido dentro del servicio de agua, por medio de la boca del tubo o un hidrante. El aire es filtrado para asegurar que no se contamine el suministro de agua. Éste es utilizado para propulsar una pequeña cantidad de agua a lo largo del servicio a una alta velocidad. Esto perturba a las deposiciones y escombros en la tubería, los cuales son suspendidos en el agua, y es arrojada afuera en una boca o hidrante corriente abajo.

El restregado de aire es una técnica bien establecida y ampliamente utilizada, que operarios experimentados pueden utilizar para limpiar arriba de 8 kilómetros por día. Las interrupciones son usualmente limitadas por la longitud a ser limpiada.

5.2. Limpieza a chorro

Método agresivo de limpieza de tuberías, el cual utiliza agua a presión directamente en el interior de la tubería.

Se utiliza para remover o deshacer toda clase de sedimentos incluyendo incrustaciones, deposiciones de corrosión defectuosos revestimientos. Esta técnica es usualmente seguida de un revestimiento, para mantener la calidad del agua dentro de la tubería.

Este método consiste en aplicar un chorro de alta presión a la tuberías vía cortes de salida. Como esta técnica no da importancia de la dirección del agua, el chorro puede realizarse en ambas direcciones desde un punto de acceso.

La fuerza del borbotón permite que la manguera sea propulsada a lo largo de la tubería a ser limpiada. El chorro es luego retraído al punto de acceso, limpiando la tubería y forzando a las deposiciones removidas a regresar al punto de acceso detrás del inyector o tobera. El agua sucia de la operación es colectada en los puntos de acceso y removida para su desecho. También es utilizada para limpiar alcantarillados con un impulsor de baja o alta presión de agua.

El proceso consiste en pasar por la longitud del alcantarillado la manguera, esto es hecho gracias a la fuerza propulsora de los impulsores de agua.

La manguera es retraída, permitiendo a los impulsores remover las deposiciones y sedimentos del alcantarillado. Los impulsores de agua están angulados en la parte de atrás de la tobera, tal que una sombrilla de agua se forma, tiene el efecto de coleccionar los escombros y botarlos en el alcantarillado a medida que la manguera se regresa. Este proceso es repetido el número de veces como el volumen de escombros a desalojar puedan exceder la capacidad de carga de los impulsores. Los escombros se colectaran en los pozos de visita, desde donde son extraídos para su tratamiento y desecho.

La limpieza a chorro puede también utilizarse para remover obstrucciones, cortar raíces y quitar óxido. En estos casos los impulsores son posicionados perpendicularmente a la tobera, para permitir una fuerza mayor en la aplicación.

Una amplia variedad de equipo de limpieza a chorro está disponible la cual opera a distintos rango de presión y volúmenes de descarga. La selección correcta del equipo depende de la tarea a realizarse y del tamaño de alcantarillado. En general un equipo de baja presión y alto volumen es utilizado para limpiar y remover sedimento, mientras que uno de alta presión y bajo volumen es utilizado para remover obstrucciones, cortar raíces y quitar óxido.

5.3. Bruñido por cerdas

Las cerdas revisten una forma de bala y por su naturaleza de construcción semi-flexible puede remover escombros al raspar o por abrasión. Las cerdas tienen diferentes superficies protectoras dependiendo de la adherencia de las deposiciones o el tipo de incrustación que se requiera remover.

Éstas son pasadas por la tubería gracias a la fuerza de la presión de agua. Su velocidad es controlada para asegurar la máxima remoción de incrustaciones y alargar la vida de la cerda.

Esta operación es llevada a cabo varias veces en una base progresiva en la cual el tamaño de la cerda es gradualmente incrementada desde el diámetro del tubo, en sucio, a un diámetro igual al diámetro nominal. Una operación similar puede realizarse en donde la resistencia de la cerda es progresivamente incrementada.

Antes de limpiar, el servicio debe ser aislado corriente arriba, corriente abajo y cerrando las válvulas de bifurcación. Excavaciones de lanzamiento y recepción son realizadas. Las cerdas son lanzadas desde la abertura corriente arriba y controladas por una válvula. Para lograr un fácil acceso a la entrada del tubo y reducir pérdidas de tiempo entre el paso de cerdas, debe utilizarse un lanzador. La suciedad y el agua son colectadas para su tratamiento y su posterior desecho.

Raspar en tuberías de hierro es usualmente realizado antes de revestir. Una excepción a esto puede ser limpiar el sarro de carbonato de calcio de las tuberías que llevan agua dura, donde una capa de sarro tal vez deba dejarse, con tal que proteja el tubo de mayor deterioro. Esta técnica en tuberías no ferrosas es utilizada para remover deposiciones.

5.4. Legrado a presión

Técnica agresiva de limpieza que utiliza una unidad de raspado cilíndrica, conducida por la tubería para remover las deposiciones e incrustaciones.

La unidad de raspado consiste en un chasis cilíndrico en el cual están sujetas bandas de cuchillas de acero con resortes. Esta unidad es forzada por el tubo gracias a agua presurizada. Para mantener la presión detrás del raspador, éste forma un contacto firme y ajustado con la tubería. La unidad puede también ser “empaquetada”, donde una membrana es encajada entre las cuchillas para una mejor obstrucción al flujo de agua, incrementando la presión de empuje a la unidad y en consecuencia a su velocidad de viaje.

Para utilizar el método de raspado a presión, se desentierra una parte del servicio, conocida como clavija, es cortada y removida. Esta sección es luego limpiada y el raspador ajustado adentro. La clavija es reconectada al servicio.

Una válvula de control es abierta y a medida que la presión aumenta las cerdas de raspar se mueven hacia delante.

En el otro extremo de la sección a ser limpiada existe una válvula de descarga y una caja colectora. La válvula de descarga determina el ritmo de progreso del raspador al controlar la cantidad de agua que es liberada de la tubería.

La velocidad ideal de la unidad debe ser de alrededor de 1 kilómetro por hora. La caja colectora es utilizada para prevenir cualquier movimiento extra de la unidad.

El progreso de la unidad debe ser controlado por si ésta se atasca dentro del servicio. Esto es realizado al caminar sobre la línea de la tubería. Los transmisores de radio no pueden ser utilizados por la vibración de la unidad. La comunicación entre el operador de la válvula de descarga y la persona que inspecciona el progreso del raspador, debe ser constante y así la velocidad controlada.

5.5. Estabilización química

Método de reparación húngaro para sellar grietas y cavidades, proveyendo una pared de superficie nueva o un suelo estabilizado circunvecino al defecto.

Se aplica típicamente a alcantarillados que son estructuralmente fuertes, pero tienen juntas defectuosas, grietas o el mortero deteriorado, lo cual permite la infiltración. Este no puede ser utilizado para reparar hoyos mayores o derrumbes.

El método de reparación trabaja primero aislando una sección de alcantarillado, entre pozos de visita. El alcantarillado es limpiado, los pozos cerrados y las laterales bloqueadas a lo largo de la longitud. Una solución química es bombeada dentro del drenaje y ésta se filtra por los defectos, al suelo circundante. Esta solución se deja por aproximadamente una hora para luego de sacarla, verter una segunda solución.

Las dos soluciones reaccionan en el terreno cercano a los defectos, causando que las partículas de suelo se consoliden en un material sólido. Los laterales y pozos de visita son tratados en la misma operación.

El alcantarillado es limpiado antes de volverlo a poner en servicio. El equipo para esta técnica consiste en dos tanques que contienen las soluciones estabilizadoras. Esta técnica es por tanto bastante móvil y no ocupa mucho espacio. Cualquier solución sin utilizar es regresada al los tanques para su reutilización.

5.6. Restauración puntual

Se refiere a varios sistemas utilizados para realizar trabajos de reparación a tuberías, para longitudes menores al recorrido entre puntos de acceso. Si un defecto se limita a un área pequeña del alcantarillado entonces es con frecuencia más económico reparar esta sección, que renovar la tubería entera.

Existe un número de diferentes sistemas de reparación para cada defecto que se puede encontrar en un alcantarillado. Estas técnicas son discutidas en detalle a continuación.

5.6.1. Lacrado de uniones

Este sistema consiste en una cabeza reparadora inflable que es puesta en posición en la junta defectuosa. El aire comprimido es luego utilizado para inflar esta cabeza. Las secciones finales se inflaran más que la sección central, por donde se sella la sección a ser reparada.

El material de reparación puede ser aplicado por la sección central, sellando la junta y cualquier vacío o hueco en el suelo circundante.

Dos formas de material reparador pueden utilizarse, tanto resina epóxica como lechada de poliuretano. En el primero de estos sistemas la resina epóxica y el endurecedor son bombeados a la cabeza reparadora donde ellos son mezclados y luego inyectados dentro de la junta. Luego se permite que cure por 3 horas antes que la cabeza sea desinflada y removida.

En el sistema de lechada, una resina de poliuretano, agua y una mezcla de látex son utilizadas. El agua actúa como un catalizador para la resina y el látex provee un refuerzo extra al material reparador. Este sistema tiene un centro vacío, permitiendo que el flujo continúe en el alcantarillado durante la reparación. El grueso de la filtración de la junta puede ser evaluado como parte del proceso.

5.6.2. Apañado

Esta técnica es similar a las del curado en la tubería. Los mismos materiales son utilizados, pero las reparaciones locales son instaladas de una manera diferente. El parche consiste de fibra de vidrio o de un tubo de poliéster, típicamente de 1 a 3 metros de largo, el cual ha sido impregnado con resina epóxica o resina de poliéster.

La resina es mezclada con un endurecedor y aplicada a un tubo de revestimiento.

Este forro es luego envuelto alrededor de un embalador inflable y asegurado con cinta o ganchos. El embalador es atado a un cabestrante e introducido al alcantarillado hasta que esté en la posición del defecto, luego es inflado hasta que el parche está en contacto cercano con la pared del alcantarillado.

La resina debe curarse, tanto a temperatura ambiente o pasando agua caliente por el embalador. Este proceso toma alrededor de 2 a 6 horas, después de las cuales el embalador es desinflado y removido.

5.6.3. Reparación robótica

Los robots pueden utilizarse para realizar un número de trabajos de reparación tales como:

- Sellar fisuras, fracturas y fugas en las juntas
- Remover raíces de árboles que obstaculizan
- Reparación de agujeros en el tubo
- Reparación de conexiones defectuosas

- Poner una manga metálica dentro de un tubo metálico y cubrirlo con resina epóxica para reparar un sección particular colapsada o reemplazar una base de tubo erosionada.

Un sistema de reparación robótica típicamente consiste de un chasis sobre ruedas, al cual varias herramientas se sujetan para realizar las reparaciones necesarias. También incluye un sistema de iluminación y CCTV para permitir guiar al robot desde la superficie.

Las herramientas dependen de la operación que se realizará. Por ejemplo, la reparación de fisuras y juntas, envuelve el triturar o moler el defecto, seguido de la aplicación de una resina epóxica. Raíces de árbol y laterales prominentes son molidas utilizando taladros, y la infiltración es minimizada con la inyección de gel dentro de la junta agrietada o quebrada. Previo a cada tarea, el robot debe retornar a la superficie para permitir que las herramientas apropiadas se le sujeten.

5.6.4. Reparación puntual

El método de reparación puntual y mesclado químico de sisas previene la infiltración por juntas o sisas de mortero deterioradas en alcantarillados de mampostería.

Los alcantarillados existentes intactos estructuralmente, pero que sufren de infiltración se pueden reparar puntualmente.

La operación consiste en limpiar primero, utilizando propulsores a alta presión. Las sisas de mortero son entonces raspadas a mano o con herramientas neumáticas, para agrandar su profundidad a 55 milímetros.

La mezcla a presión es luego inyectada a la junta limpia, en forma puntual para dar un buen acabado. La aplicación de la mezcla de mortero puede hacerse mecánicamente o a mano.

Las reparaciones pueden también llevarse a cabo al bombear mortero hacia las sisas con equipo de construcción para sellar.

6. RESULTADOS ESPERADOS

6.1. Económicos

Existe disminución considerable de costos pues se reduce el tiempo de ejecución de la obra y el gasto innecesario de recursos, así como también el tráfico vehicular que representa gastos a los ciudadanos que circulan por el sector afectado, los gastos de limpieza y reparación de la cinta asfáltica son anulados por lo que también es un ahorro considerable por parte de esta tecnología.

6.1.1. Humanos

Los métodos actuales utilizados para darle mantenimiento a las tuberías afectan directamente a la población en general, con el nuevo método sin zanja se reducirá la cantidad de mano de obra ya que las máquinas requieren de pocas personas para ser manejadas y se está sustituyendo la fuerza bruta por la fuerza hidráulica.

El método sin zanja nos permite recuperar líneas de conducción dañadas, agrietadas o casi inservibles que no cumplen los requisitos necesarios.

Los resultados hacia la población son la reducción de todas estas molestias innecesarias y la recuperación de los servicios en optimas condiciones.

6.1.2. Físicos y materiales

La reducción considerable de la cantidad de materiales utilizados en la reparación, sustitución y mantenimiento de una línea de tubería, disminuyendo el movimiento de tierras lo cual implica un gasto innecesario para este tipo de trabajos, mejorando también la calidad de los materiales.

Que los materiales utilizados para dichos trabajos logren cubrir las necesidades actuales de la población y que sean de una calidad optima para que tengan una vida útil larga y que no generen problemas a corto plazo.

Los ciudadanos serán los mejores críticos de los resultados que se obtengan con esta tecnología.

6.2. Vida útil

La vida útil de cualquier material no depende solamente de su calidad, de su instalación o del tiempo que lleve prestando un servicio, sino también el tipo de uso que le demos, en el caso de las tuberías la mayoría de veces conducen químicos corrosivos que dañan considerablemente su estructura lo cual disminuye su tiempo de vida, también el caudal para la cual fue diseñada es superado por mucho por lo cual se ve forzada, lo cual influye a fracturas y al fallo de la misma.

Por eso es necesario que también tengamos claro para qué cantidad de personas va a prestar servicio la tubería nueva o recuperada y el tipo de aguas que conducirá, para así poder recomendar la tubería más adecuada.

La vida útil en la sustitución, reparación o mantenimiento con dicha tecnología varía conforme la técnica utilizada. Dentro de todas las técnicas, la menor vida útil alcanzada es de 50 años que es la de fabricación por manga.

6.3. Ambientales

Con la tecnología de tubería sin zanja, mejorar los aspectos ambientales para disminuir el impacto que tienen estos trabajos en la actualidad, los resultados en los países que la utilizan son prueba de ello.

El ruido, el polvo, la contaminación de las alcantarillas, el humo de los vehículos por el tránsito lento se consideran la contaminación ambiental que genera el reparar una tubería por el método tradicional.

Se reduciría el ruido causado por la polución de la cinta asfáltica y la generación de polvo excesivo por las excavaciones, la contaminación de las calles donde se realiza el trabajo y el humo de los carros disminuiría, pues esto se trabaja de noche.

6.3.1. Reducción de desastres

La falta de interés en las instituciones por dar mantenimiento a las líneas de conducción de agua potable y aguas residuales por el gran movimiento de tierras que se tendría que realizar al momento de zanqueo.

El no cambiar una tubería significa que esta seguirá funcionando de manera indebida lo cual a la larga representara problemas mayores en las zonas afectadas, como infiltración a la tubería lo cual complica aún más el problema pues este exceso de agua que entra a la tubería aumente su velocidad de diseño y su caudal medio, acelerando así su desgaste en toda la línea de conducción.

Este tipo de problemas a largo plazo resulta en desastres naturales, como contaminación de las aguas subterráneas, contaminación de ríos, problemas virales por contaminación de alimentos ya que la tierra está infectada con bacterias provenientes de materias fecales, químicas y tóxicas.

En la época lluviosa cuando los caudales aumentan considerablemente en las tuberías actuales, estas no resisten y seden ante la presión del agua, lo cual provoca un fallo en el sistema lo que conlleva a la socavación del suelo provocando hundimientos, deslaves etc. Como podemos ver, todo esto es una cadena que con el simple hecho de darles mantenimiento a las tuberías evita infinidad de problemas que el mal funcionamiento de estas está provocando.

CONCLUSIONES

1. Esta tecnología nos permite reducir los costos económicos, humanos, físicos, materiales, sociales y ambientales de una manera significativa.
2. La utilización de estos métodos resultan ventajosos, porque son más rápidos y eficientes que los tradicionales métodos actuales.
3. Todas las instalaciones eléctricas se podrían cambiar de estar vistas a estar subterráneas y así poder mejorar el ornato de las áreas trabajadas.
4. Para reparar las grietas o inspeccionar una tubería ya no sería necesario excavar, retirar el tubo y sustituirlo, con esta tecnología es posible repararla por medio de robot desde los posos de visita.
5. En los países que se utiliza esta tecnología ha resultado ser la solución de los problemas con las tuberías de aguas residuales, telefonía, gas, etc.
6. Es indispensable poseer algún tipo de información sobre instalaciones existentes para no provocarles ninguna obstrucción ni daño.
7. Hay diversas técnicas y materiales a aplicar para cada tipo de material con el que fueron o son hechas las tuberías, hay que tomar en cuenta que no todas las técnicas son adecuadas para algunos tipos de tuberías.

RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta esta tecnología como nuevas formas de realizar instalaciones de tuberías como métodos alternos a los ya existentes.
2. Es necesario que las instituciones públicas y privadas que están ligadas a este tema conformen un grupo de profesionales dedicados a profundizar en esta tecnología y así poder introducirla al país.
3. Es necesario realizar un estudio de nuestras redes de tubería para poder conocer el estado en el que se encuentran y así poder determinar cuál de todos los métodos que ofrece la tecnología sin zanja tiene aplicación.
4. Incorporar esta tecnología en los cursos de Ingeniería Civil que estén ligados al tema no solamente en el diseño de nuevas redes de agua, también en las instalaciones eléctricas, gas, telefonía subterráneas así como también poder darles mantenimiento.
5. Solicitar a la Asociación de Tubería sin Zanja un reglamento y listado de requisitos necesarios para poder implementar esta tecnología en el país.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA GARCÍA, Elvira. *Manual de perforación dirigida horizontal: tecnología sin zanja*. España: E.T.S.I. Minas, 2002. 276 p.
2. HOUSTON, Wilson. *Manual de rehabilitación de alcantarillados*. Madrid: WR, 1994. 172 p.
3. JANSON, Lars-Eric. *Plastic pipes for water supply and sewage disposal*. Stockholm: Borealis, 1999. 11 p
4. Manual de Instalación de tubería de PEAD. *Procedimientos de instalación en tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)*. España: Revinca, 2002. 50 p.
5. MAYS, Larry W. *Manual de sistemas de distribución de agua*. España: McGraw Hill, 2002. 601 p.
6. MCDONALD, WJ. *An introduction to Trenchless Technology*. Estados Unidos: Van Nostrand Reinhold, 1992. 439 p.
7. *Recomendaciones prácticas para la instalación subterránea de tuberías: ASTM D 2321*. Filadelfia: Board, 1902. 10 p.

