



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA CIVIL

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE INSPECCIÓN POR CIRCUITO
CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV) Y REHABILITACIÓN POR CURADO IN SITU
(CIPP) EN EL ANÁLISIS Y REPARACIÓN DE TUBERÍAS EN LA CIUDAD DE QUITO.

AUTOR:

MARIO EDUARDO BENAVIDES VILLACIS

DIRECTOR:

ING. GUILLERMO FLORES

DISERTACION DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

QUITO 2022

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3.	Objetivo y Alcance	3
1.3.1.	Objetivo general.....	3
1.3.2.	Objetivos específicos	3
1.4	Alcance	3
1.5	Metodología	4

CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.	Método tradicional de reparación de tuberías (con zanja)	5
2.1.1.	Descripción y características.....	6
2.1.2.	Ventajas del método tradicional.....	12
2.1.3.	Experiencias e historia de los arreglos tradicionales.....	13
2.1.4.	Resultados de los trabajos tradicionales.....	14
2.1.5.	Costos.....	15
2.2.	Método de exploración y reparación de tuberías sin zanja	15
2.2.1.	Exploración por circuito cerrado de televisión (CCTV)	16
2.2.2.	Reparación de tuberías in situ (CIPP)	27
2.2.2.1.	Descripción y características de la reparación de tuberías CIPP	28
2.2.2.2.	Características de los equipos usados	29

2.2.2.3. Ventajas de la reparación de tuberías por CIPP	32
2.2.2.4. Experiencia e historia de la reparación de tuberías por CIPP	32
2.2.2.5. Normativa	33
2.2.2.6. Aplicaciones y costos.....	36
2.2.2.7. Beneficios socio ambientales	36
CAPITULO III: ANÁLISIS DE CASOS DE APLICACIÓN REALIZADOS.	38
3.1. Rehabilitación de tubería de alcantarillado en Sao Paulo realizado el 23 de marzo 2016.....	38
3.1.1. Problema existente previo la reparación	41
3.1.2. Exploración y reparación de la tubería.....	41
3.1.3. Resultados de la reparación.....	45
3.1.4. Comparación con el arreglo de la tubería por el método tradicional	46
3.1.5. Repercusiones del trabajo realizado, existentes y evitadas	48
3.1.6. Entrevista a profesional constructor y técnico de aplicación del caso	48
3.2. Rehabilitación de tubería de alcantarillado pluvial en Brasilia realizado el 01 de abril 2016.	50
3.2.1. Problema existente previo la reparación.	51
3.2.2. Exploración y reparación de la tubería.....	52
3.2.3. Resultados de la reparación.....	54
3.2.4. Comparación con el arreglo de la tubería por el método tradicional.	55
3.2.5. Repercusiones del trabajo realizado, existentes y evitadas.....	56
3.2.6. Entrevista a profesional constructor y técnico de aplicación del caso.	57
CAPITULO IV: FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE REPARACIONES SIN ZANJA DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE EN QUITO.....	59

4.1. Comparación de condiciones de las ciudades en los casos ya aplicados con la ciudad de quito.	60
4.2. Entrevista a profesionales constructores sobre aplicación del método sin zanja en quito.	68
4.3. Viabilidad técnica de la exploración de tuberías por cctv y reparación por cipp.	71
4.4. Viabilidad de costos de la exploración de tuberías por cctv y reparación por cipp.	73
4.4.1. Costos por el método tradicional.	73
4.4.2. Costos por el método sin zanja aplicado en la ciudad de quito.	74
4.5. Viabilidad financiera de la exploración de tuberías por cctv y reparación por cipp.	76
4.6. Viabilidad ambiental de la exploración de tuberías por cctv y reparación por cipp.	77
4.7. Viabilidad institucional de la exploración de tuberías por cctv y reparación por cipp.	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Anchos de Zanja en base a su diámetro	10
Tabla 2. Anchos de Zanja recomendados	12
Tabla 3. Criterios para la aplicación del CIPP	34
Tabla 4. Características Ciudad de Quito.....	61
Tabla 5. Características Ciudad de Brasilia	64
Tabla 6. Tiempos de Viaje (transporte público)	64
Tabla 7. Características Ciudad Sao Paulo	66
Tabla 8. Tiempos de Viaje (transporte público)	67
Tabla 9. Costo de excavación de zanjas (método tradicional)	74
Tabla 10. Niveles de ruido	79
Tabla 11. Nivel de ruido en DB	79
Tabla 12. Niveles máximos de ruido	80
Tabla 13. Impacto ambiental mediante uso de maquinaria.....	81
Tabla 14. Inversión en repavimentación vial en la ciudad de Quito	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Apertura de zanja.....	6
Figura 2. Excavación manual de zanja.....	8
Figura 3. Zanjadora.....	9
Figura 4. Tipos de zanja.....	10
Figura 5. Espacio mínimo de trabajo en zanjas	11
Figura 6. Precauciones para prevenir riesgos.....	14
Figura 7. Tecnologías sin zanja.....	16
Figura 8. Inspección de tuberías mediante cámaras.....	18
Figura 9. Ensamblaje del televisor en la tubería	19
Figura 10. Curado in situ de tuberías	27
Figura 11. Manga CIPP.....	30
Figura 12. Equipo de instalación	31
Figura 13. Métodos de instalación de tuberías curadas In-Situ	34
Figura 14. Limpieza de la red de tubería	39
Figura 15. Rovver X	40
Figura 16. Diagnóstico de tubería.....	40
Figura 17. Exploración de tubería (tramo 1).....	42
Figura 18. Exploración de tubería (tramo 2).....	43
Figura 19. Manga de resina flexible.....	43
Figura 20. Extensión de la manga en la tubería	44
Figura 21. Expansión de la manga en la tubería	44
Figura 22. Curado mediante agua caliente y fría	45
Figura 23. Resultado de la tubería reparada con CIPP.....	45
Figura 24. Comparación método tradicional.....	47

Figura 25. Vía férrea sobre la tubería	51
Figura 26. Estado de la tubería interna	52
Figura 27. Limpieza de la red de tuberías	53
Figura 28. Manga CIPP introducida en la tubería.....	54
Figura 29. Expansión de la manga mediante presión.....	54
Figura 30. Tubería en proceso de reparación.....	55
Figura 31. Tubería Rehabilitada mediante CIPP.....	56
Figura 32. Evolución y proyección del parque automotor	62
Figura 33. Inspección de tubería mediante CCTV	71
Figura 34. Bloqueo de vía por reparación de tubería con zanja.....	76
Figura 35. Rehabilitación de un tramo de tubería mediante apertura de zanja y CCTV.....	84

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los sistemas de alcantarillado y agua potabilizada, una de las averías más comunes son las fugas de agua, las mismas que deben de ser atendidas de manera inmediata, las fugas de agua potable pueden producir socavación y pérdidas monetarias por desperdicio de agua, también en las aguas residuales las fugas pueden producir molestos olores y la inhalación de elementos perjudiciales para la salud (Moliá, 1987).

Las razones más frecuentes que provocan fugas son las siguientes: roturas provocadas por raíces de árboles, antigüedad de los materiales, nuevos asentamientos y crecimiento poblacional, deterioro del sellado de las tuberías, fisuras; atascos en las tuberías por sedimentos o mal diseño; excesos de presión en las tuberías o desgaste de accesorios (GSC, 2019).

La forma de localizar las fugas tradicionalmente es abrir una zanja de grandes dimensiones hasta hallar el punto de fuga y resolverlo, este método es el que se ha usado durante mucho tiempo y ha provocado un gran aporte en la destrucción de las vías (GSC, 2019).

En la actualidad las autoridades pertinentes de la ciudad de Quito no se han visto preocupados por realizar estudios en los que se desee aplicar tecnología moderna, tales como las reparaciones con packers o empacadores, manga CIPP, método UVA y la técnica de vapor de agua, también está la implementación de tubería polimerizada in situ, todas estas técnicas tienen como fin evitar daños en el asfalto o infraestructura de un determinado lugar y

conflictos al momento de presentarse fugas de agua o algún tipo de daño en las tuberías (GSC, 2019).

1.2 Justificación

La falta de mantenimiento, apertura de vías y veredas por las constantes reparaciones, el cambio de tuberías o implementación de estas tanto para las redes sanitarias, eléctricas o hidráulicas han generado un gran deterioro en la ciudad de Quito por lo que esto genera insatisfacción no solo en los ciudadanos, sino que también en turistas y visitantes que llegan a la ciudad por diversos motivos.

Las innumerables aperturas de zanjas para el sondeo o exploración de fugas de agua potable o alcantarillado que se presentan constantemente generan cierres de vías, por ende, ocasiona un cambio en el tráfico lo que lleva a complicaciones, una vez detectada la fuga se conduce a una reparación destructiva, causando una falla permanente en la vía, conocidas como fallas de servicio.

Otro motivo de molestia para los ciudadanos es que tras los \$42.472.859,37 (Dólares americanos) que se designaron para la repavimentación de la ciudad quiteña a partir del 9 de septiembre del 2019 se han generado constantes intervenciones en la infraestructura vial ya mencionada, dando un resurgimiento del problema (EPMMOP, 2019).

El presente documento tiene como propósito proponer una manera de preservar la integridad de las vías al momento de analizar posibles fugas o arreglar tuberías, por medio de los varios métodos de reparación y sondeo existentes en la actualidad sin la necesidad de la apertura de zanjas, pero en este caso debido al alcance se propone el uso de inspección por circuito cerrado de televisión (CCTV), y rehabilitación por curado in situ (CIPP), el fin es evitar reparaciones que afectan el

flujo del tráfico, evitar la destrucción de las vías y aceras, colocando como prioridad la comodidad de la población quiteña.

1.3. Objetivo y Alcance

1.3.1. Objetivo general

- Analizar la factibilidad del uso de exploración por CCTV y curado in situ por CIPP, para reparación de tuberías de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Quito.

1.3.2. Objetivos específicos

- Definir las características y los procesos involucrados en la reparación de tuberías por métodos tradicionales con zanja y de exploración por CCTV y reparación in situ CIPP.
- Analizar dos casos de aplicaciones del método de CCTV y CIPP ya realizadas en otros países y obtener los resultados de estos trabajos además de resultados logrados.
- Determinar la factibilidad en el empleo de la exploración por CCTV y reparación por CIPP en los ámbitos técnico, costos, social, financiero, económico, ambiental e institucional.

1.4 Alcance

El trabajo actual determinará la factibilidad del uso de sondeo y reparación sin zanja en la ciudad de Quito, para ello se obtendrá información de empresas privadas especialistas en reparaciones hidráulicas, sanitarias y estructurales con la experiencia y capacidad de emplear este método en la ciudad. Se realizarán entrevistas a profesionales especialistas en el tema de los métodos tradicionales, así como modernos, también se entrevistará a un técnico con experiencia en aplicación de estas reparaciones de tuberías por métodos sin zanja. Se describirán aplicaciones reales, la primera será la rehabilitación de tubería de aguas servidas

en Sao Paulo, ciudad de Brasil, y la rehabilitación de tubería de aguas pluviales en Brasilia-Brasil, con sus resultados, para generar una proyección de la factibilidad del empleo de esta metodología en la ciudad de Quito, como una opción para la exploración y reparación en los trabajos de campos ejecutados por la EPMAPS.

1.5 Metodología

Para el presente proyecto de disertación en primera instancia se definieron las características y los procesos involucrados en la reparación de tuberías tanto por métodos tradicionales como los de exploración por CCTV y el de reparación in situ CIPP, posterior a ellos se detallan experiencias obtenidas en otras naciones tras aplicar los métodos propuestos en el trabajo de investigación, los resultados alcanzados, limitantes y mejoras que se puedan aplicar, finalmente se determinó la factibilidad en el empleo de la exploración de los métodos que se desean implementar dentro de la EPMAPS de los costos técnicos, sociales, económicos, ambientales e institucionales entre ambas técnicas.

CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Método tradicional de reparación de tuberías (con zanja)

Zanja en palabras de Saracibar D. F., et al., (2012) es una excavación estrecha y larga que se ejecuta en una extensión de tierra a fin de remover la misma y cualquier tipo de material que pueda localizarse en la zona a excavar, el propósito de una zanja es conducir aguas, proteger sembríos, conductos subterráneos.

El socavado de zanjas se realiza en base al proyecto planteado, para la presente es necesario aclarar que para albergar la tubería del sistema de agua potable la apertura de una zanja debe incluir los procedimientos necesarios para la limpieza y compactación del replantillo y declives de las mismas, la eliminación del material resultante de las excavaciones por el tiempo requerido para la instalación favorable de la tubería, así como debe incluir actividades que aflojen el material de forma manual o mecánica previo a la excavación, los diseños expuestos en los planos exceptuado inconvenientes inesperados, en ese caso se pueden modificar conforme al criterio técnico del Ingeniero Fiscalizador.



Figura 1. Apertura de zanja

Fuente: (JODAR, 2015)

Los equipos, maquinas, herramientas, etc., utilizados dependerán del tipo de obra a realizar, estos deben mantenerse en perfecto estado para su correcto funcionamiento.

La seguridad es un tema importante y debe estar muy presente. La ley de prevención de riesgos laborales exige, al empleador y al empleado, el cumplimiento de ciertos preceptos que ayuda a eliminar los peligros que se derivan del trabajo (Lago, 2012, p. 101).

En todo este trabajo no se puede olvidar la gestión medioambiental; hacer una buena categorización de los despojos que se generan en el trabajo para depositarlos, posteriormente, en su lugar de reciclaje o eliminación.

2.1.1. Descripción y características

La técnica de apertura de zanjas es el procedimiento más usado para suplir tuberías, en general este proceso consiste en excavar una zanja, remover el conducto existente, arreglar las condiciones de soporte para la nueva tubería a instalar y rellenar la zanja en torno a la

misma con materiales acorde a un diseño estructural y compactarlo con equipos apropiados (Mazzini Mite & Torres Ortiz, 2015, p. 63).

La excavación de tuberías con zanja se puede clasificar en zanja abierta y zanja estrecha.

- La zanja abierta es un sistema habitual donde la zanja se prepara con taludes o entibados.
- La zanja estrecha maneja máquinas con cortadoras o cucharones idóneos para el control del ancho y profundidad deseada en la excavación.

Excavación a zanja abierta

Excavación manual: En este punto el material del terreno se excava y remueve, sin necesidad de maquinaria, con un volumen de menor cuantía, en la que los trabajadores emplean su fuerza física, con la ayuda de herramientas menores (palas, picas, barras de acero, carretillas, etc.) (Martínez, 2019, p. 27).

Actividades de la excavación manual

- Señalización del área de trabajo: El área intervenida debe ser señalada con cinta de seguridad a manera de límites que sea visual.
- Corte manual de material: La excavación se realiza con el uso de herramientas menores para llegar a las medidas dictaminadas en el diseño previo.
- Carga, transporte y disposición: El material sobrante se debe colocar mínimo a 1 metro del borde, el mismo que debe poseer señalética de cintas y varillas, además, en caso de ser necesario se debe transportar en carretilla a un lugar despejado (Martínez, 2019, p. 27).

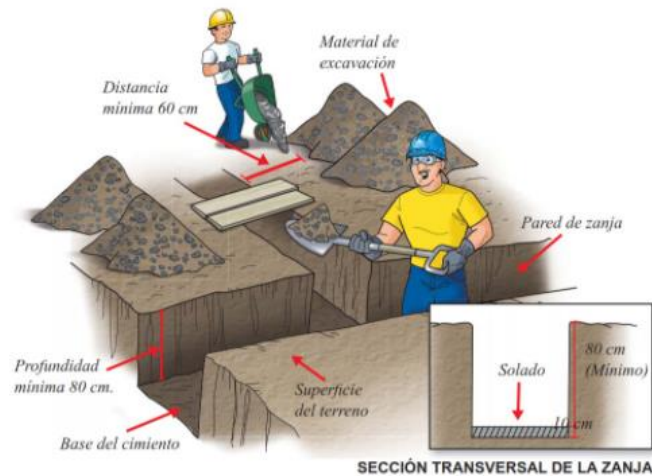


Figura 2. Excavación manual de zanja

Fuente: (Arequipa, 2010)

Excavación mecánica: Se realiza mediante máquinas excavadoras, equipos que deben ser operados por personal capacitado.

Actividades de la excavación mecánica:

- Planeación de actividad: De forma previa a una excavación se procede a retirar todo tipo de obstáculos.
- Señalización y delimitación de obra.
- Revisión del replanteo: En base a los planos de construcción se verificará que las distancias referenciales sean iguales.
- Corte mecánico: Con los niveles topográficos y área localizada se procede a ejecutar una excavación mecánica o perfilada con la retroexcavadora.
- Cargue y transporte: El material que no sea necesario posteriormente se debe colocar en las zonas de depósito o sitio de reutilización (Martínez, 2019, p. 27).



Figura 3. Zanjadora

Fuente: (S.A., s.f.)

Características:

Las zanjas y pozos se realizan con finalidades de diversa índole, tales como:

- Cimentaciones, galerías, zapatas de pilas y puentes
- Tendida de conducciones, tuberías, canalizaciones, drenajes, acometidas a viviendas de agua, gas, electricidad y saneamiento
- Pozos para intervenciones de reparación y catas
- Pozos de hinca y llegada de tuberías
- Excavaciones arqueológicas. (Saracibar, et al., 2012, p. 13)



Figura 4. Tipos de zanja

Fuente: (Saracibar & Gárate, 2012)

La profundidad de la zanja se mide desde el nivel del terreno hacia abajo, al fondo de la excavación.

El fondo de la zanja debe ser extensamente ancho de modo que permita el libre trabajo de los obreros encargados de colocar la tubería y el relleno adecuado. El ancho del fondo de la zanja no puede ser inferior al diámetro exterior del tubo añadido 0.5 m, sin entibados; en caso de entibamiento el ancho del fondo de la zanja no debe ser mayor que el diámetro exterior más 0.80 m. (Manta), s.f., p. 6)

Tabla 1. Anchos de Zanja en base a su diámetro

DN	Anchura de la zanja mínima (ODh + x) m		
	Zanja Soportadora	Zanja no soportadora	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
≤ 225	ODh + 0,4	ODh + 0,4	
$> 225 \text{ a } \leq 350$	ODh + 0,5	ODh + 0,5	ODh + 0,4
$> 350 \leq 700$	ODh + 0,7	ODh + 0,7	ODh + 0,4
$> 700 \leq 1200$	ODh + 0,85	ODh + 0,85	ODh + 0,4
> 1200	ODh + 1,00	ODh + 1,00	ODh + 0,4

Fuente: (Piqueras, 2016)

Donde:

- OD_h : Diámetro exterior horizontal, en metros
- β : Angulo del lado no soportado de la zanja medido con respecto de la horizontal.

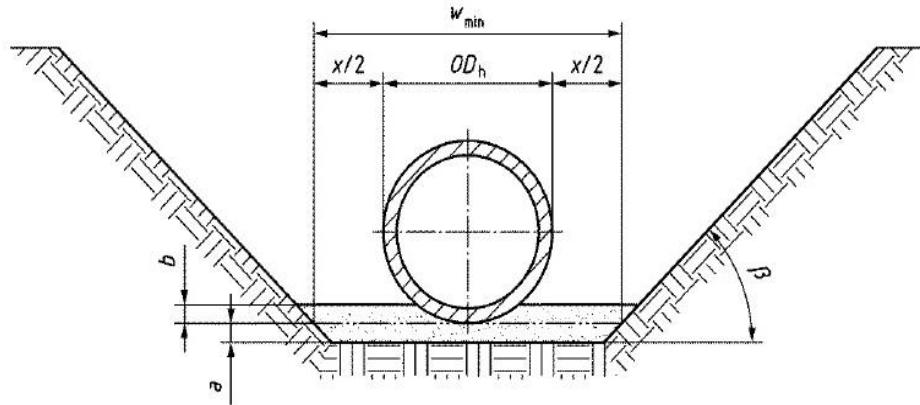


Figura 5. Espacio mínimo de trabajo en zanjas

Fuente: (Piqueras, 2016)

Donde:

- **W_{min}**: Anchura de la zanja mínima
- **a**: Espesor del lecho inferior
- **b**: Espesor del lecho superior

Todas las tuberías se instalarán en condición de zanja con paredes verticales, como mínimo hasta el lomo del tubo y con un ancho de acuerdo con lo especificado por la Teoría Le Mainston, como se muestra a continuación:

$W = DWE^2$ donde:

W = Peso Volumétrico

B = Ancho de zanja

D = Coeficiente que depende de la relación n/b

En general los anchos de zanja serán:

- Para tuberías de 20 a 76 cm, el diámetro exterior más 41 cm.
- Para tuberías de 91 a 244 cm, el diámetro exterior más 61 cm. (Segura, 2001, p. 81)

Tabla 2. Anchos de Zanja recomendados

Anchos de Zanja para tuberías de alcantarillado		
Diametro interior del tubo (cm)	Ancho de zanja "B" (cm)	Espesor de la plantilla (cm)
20	75	10
25	80	10
30	85	10
38	90	10
45	110	10
61	130	13
76	150	14
91	170	15
107	190	17
122	210	20
152	250	23
183	280	27
213	320	30
244	350	34

Fuente: (Segura, 2009)

2.1.2. Ventajas del método tradicional

- Los materiales excavados pueden ser usados para rellenar calles y caminos, este material se mantendrá ubicado de modo que no cause inconvenientes de tráfico.
- Mediante excavaciones de zanja se tiene acceso libre a las tuberías para su facilidad de control y manejo.
- La inspección de tuberías y uniones de agua potable se facilita, ya que el fiscalizador puede cerciorarse de las condiciones en que se encuentran las tuberías.

- El manejo de tuberías se facilita, ya que se puede contar con equipos y herramientas adecuadas para que las tuberías no se dañen ni se golpeen.

2.1.3. Experiencias e historia de los arreglos tradicionales

Según Mazzini Mite & Torres Ortiz, 2015 (2015) el método tradicional de apertura de zanjas es una tecnología que se ha mantenido intacta en los últimos 50 años, con un nivel de planeación e implementación básico. Este método puede alterar la superficie y causar daños en otros servicios subterráneos, no obstante, es el método más usual para solventar fugas, roturas, envejecimiento y corrosión, es decir, es construir una tubería paralela, adicional o de reemplazo a lo largo de toda la tubería existente, requiriendo excavación (p.64).

Por otra parte Saracibar, et al. (2012) afirma que es necesario conocer con premura y de forma exhaustiva, la naturaleza y estado del terreno por medio de estudios necesarios como geotécnicos: humedad, compacidad, consistencia del suelo, talud natural, nivel freático, etc., para que este tipo de excavaciones no presenten ningún riesgo de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante procedimientos de trabajo adecuados, taludes o sistemas de contención de tierras, entibación, apeo u otras medidas adecuadas (p.39).



Figura 6. Precauciones para prevenir riesgos

Fuente: Seguridad en zanjas

2.1.4. Resultados de los trabajos tradicionales

La reparación, rehabilitación y optimización de sistemas de agua y alcantarillado a través de la excavación de zanjas implica cierre de vías, obstrucción de tráfico, ruido, vibraciones, periodos largos de construcción y cortes de suministro, lo cual se ve reflejado en pérdidas socioeconómicas para el constructor y la comunidad.

Para el proyecto y dimensionamiento de pozos y zanjas, es necesario tener en cuenta una serie de datos básicos tales como:

- 1) Las dimensiones precisas, especialmente profundidad y anchura.
- 2) La situación del lugar (ángulo de rozamiento, granulometría, consistencia, humedad, permeabilidad, estratigrafía, buzamiento, fallas, factores climáticos, vibraciones), el estudio geotécnico y la estratificación del terreno.
- 3) El nivel freático y el caudal de entrada de agua a la zanja.
- 4) Las cimentaciones existentes, su profundidad y distancia a la zanja.
- 5) Las cargas próximas y la existencia de golpes y sacudidas interiores y exteriores a la zanja.
- 6) Conducciones de todo tipo incluido el tráfico próximo que puede resultar afectado.

7) El tipo de entibación inicialmente previsto, en su caso (Saracibar, et al., 2012, p. 14).

2.1.5. Costos

Los costos para considerar y que pesan fuertemente con el método tradicional de apertura de zanja son:

- Corte de pavimento.
- Excavación
- Excavación de tierra y botadero
- Rellenos y transportes
- Compactación
- Pavimentación
- Control de tráfico

2.2. Método de exploración y reparación de tuberías sin zanja

Para la EPA (1999) el deterioro de las redes de alcantarillado, el riesgo de su deterioro, posibles obstáculos y derrumbes es uno de los puntos de mayor consideración entre los municipios a nivel mundial, razón por la cual es de gran relevancia que se mejoren las tecnologías usadas para la rehabilitación y reparación del sistema de alcantarillado (p.1).

Las innovadoras tecnologías sin zanja, se pueden emplear en diversos proyectos de instalación y rehabilitación de canalizaciones, inclusive en las áreas más congestionadas, por lo que se convierte en una solución ampliamente sostenible para el mantenimiento y desarrollo de infraestructuras subterráneas urbanas complejas, también permiten la conexión

de las redes de servicio hacia edificios evitando aperturas en las estructuras (Tracto-Technik, 2016).



Figura 7. Tecnologías sin zanja

Fuente: (Tracto-Technik, 2016)

Entre los beneficios principales de las tecnologías sin zanja están: una menor excavación en relación con la actual y deja una menor huella de carbono, las demoras de tráfico y la disminución de tiempos en la restauración de un lugar.

2.2.1. Exploración por circuito cerrado de televisión (CCTV)

Las cámaras de televisión de circuito cerrado (CCTV) gestionadas por control remoto, son consideradas como uno de los métodos con mayor seguridad para realizar inspección de tuberías urbanas. Además, se posicionan como un de las formas más seguras para la examinación de cañerías y la única opción en casos donde las tuberías no sean de fácil acceso para el ser humano.

En palabras de CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA (2017) la red se inspecciona con un equipo operado a través de cámaras y circuito cerrado de televisión, el diagnóstico, por su parte se realiza con el fin de determinar el nivel de desgaste y funcionamiento de la red, establecer los requerimientos de reparación, renovación o reemplazo, de acuerdo al estado actual del alcantarillado determinado por medio de programas de inspección se puede planificar una estrategia de mantenimiento (p.16).

2.2.1.1. Descripción y características del circuito cerrado de televisión

“Las cámaras de televisión de circuito cerrado (CCTV) pueden producir imágenes y grabaciones para vigilancia u otros propósitos como examinar cañerías de la red de alcantarillado pública” (Rodríguez, 2016).

Según la EPA (1999) es necesario realizar las inspecciones del alcantarillado en condiciones de bajo caudal. En casos donde exista flujo que distorsione la cámara, las inspecciones se deben realizar en periodos de menor caudal entre la medianoche y las cinco de la mañana, también es posible hacer un taponamiento temporal del colector para mermar el caudal (p.1).

La mayoría de los colectores son inspeccionados utilizando uno de los métodos siguientes:

- Circuito cerrado de televisión (CCTV)
- Cámaras
- Inspección visual

Las inspecciones visuales poseen gran relevancia para tener comprensión completa del estado de los alcantarillados, además se requiere inspeccionar detalladamente la condición

física de los cruces de arroyos, las condiciones de los brocales y de las tapas de los pozos de visita o de cualquier superficie expuesta, y la visibilidad de los pozos y otras estructuras (EPA, 1999, p. 2).



Figura 8. Inspección de tuberías mediante cámaras

Fuente: (GSC, 2019)

2.2.1.2. Características de los equipos usados

“Para tuberías de alcantarillado con diámetros de 0.1 a 1.2 m (4 – 48 pulgadas) se recomiendan las inspecciones por circuito cerrado de televisión” (EPA, 1999, p. 1).

La cámara de CCTV debe ser preparada previamente para que el lente se encuentre lo más cerca posible al centro de la tubería. En grandes colectores, la cámara y las luces deben estar sujetos a una balsa sobre la cual flotan por la tubería de un pozo, de visita al siguiente, además, la cámara y las luces giran en dirección horizontal y vertical con el fin de visualizar los detalles de las paredes.

En colectores más pequeños el cable y cámara se sujetan a un deslizador conectado a una boya o sombrilla de arrastre. Con las inspecciones de CCTV se produce un video que puede ser usado como referencia. (EPA, 1999, p. 1)

Las inspecciones se realizan usualmente con cámaras cuando los colectores son de mayor diámetro y los puntos de acceso a la superficie están distanciados a más de 300 m. En este procedimiento se emplea una cámara de película montada sobre una balsa con luces pulsantes (strobe light). Esta técnica demanda menor energía eléctrica que la de CCTV dado que el cable es más liviano y manejable. Las inspecciones con cámaras se reportan con fotografías instantáneas referenciadas dentro de un registro de datos de acuerdo con la fecha y ubicación. (EPA, 1999, p. 2)

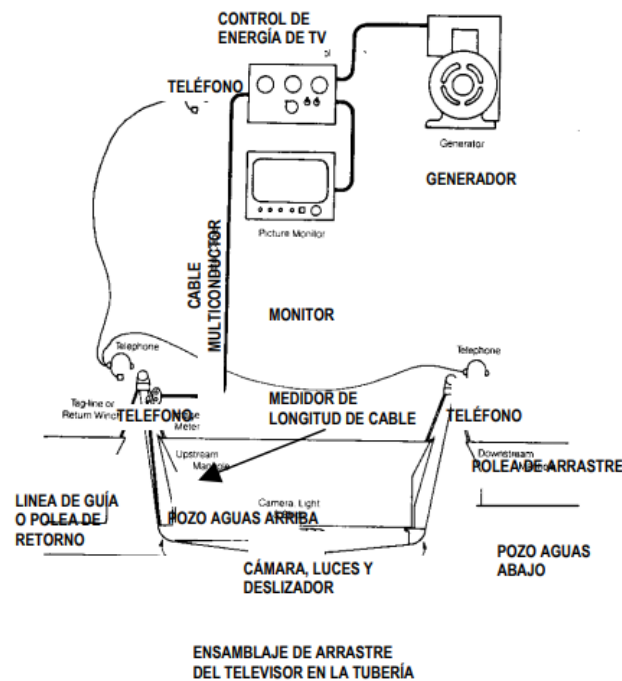


Figura 9. Ensamblaje del televisor en la tubería

Fuente: (EPA, 1999)

“En esta técnica se baja una cámara dentro del pozo de mantenimiento y se coloca en el centro del cruce del brocal del pozo y la tubería. Se obtienen después imágenes visuales del interior de la tubería usando la cámara” (EPA, 1999, p. 1).

2.2.1.3. Ventajas de la exploración por CCTV

Las principales ventajas de estas tecnologías respecto a los métodos tradicionales de apertura de zanjas son:

- Reducción significativa de los tiempos de obra.
- Se minimizan los costes de excavación y de reposición del material extraído.
- No se destruyen superficies que pueden ser valiosas.
- Se evitan atascos de tráfico y/o tener que desviar el mismo por obra.
- Bajas emisiones de CO₂, ruido y polvo.
- Hasta un 40% de ahorro en los costes.

2.2.1.4. Experiencia e historia de la exploración de tuberías por CCTV

En la investigación de Ramírez (2010) se afirma que la primera vez que se implementó la metodología CCTV fue en el año de 1970, a partir de ese momento se ha ido mejorando de manera continua a medida que la tecnología va evolucionando. En la actualidad entre las características generales que presenta este tipo de exploraciones presenta una cámara la misma que tiene una fuente lumínica, esta se expulsa en la alcantarilla para que se transmitan las imágenes de las cosas que se puedan encontrar al momento de inspeccionar la alcantarilla.

Ramírez (2010) añade además que entre los técnicos especializados en el tema esta exploración es la más usada debido a su gran eficiencia a largo plazo, su capacidad de documentación de las problemáticas que se puedan encontrar no necesita la apertura de

zanjas, es muy útil para el uso de áreas pequeñas, entre las características más relevantes está el progreso de inspección que es aproximadamente de 400/800 m/día.

Mientras que Nathalie & Andrés (2020) a partir de la visualización de los defectos en las tuberías por medio de las imágenes de CCTV, diseñaron una metodología para calificar el estado estructural y operacional de las tuberías de alcantarillado, por medio de códigos que describían el tipo de defecto observado en las inspecciones de CCTV. Esta se llamó manual de rehabilitación de alcantarillados (SRM, por su sigla en inglés) (p.39-40).

La metodología Nathalie & Andrés (2020) le asigna a los defectos operacionales una puntuación de acuerdo con el nivel de daño, este describe la pérdida de la capacidad de una tubería de alcantarillado para que pueda cumplir con los requisitos de operatividad o funcionamiento del servicio, es decir, pérdida de la capacidad de drenaje, bloqueos potenciales y problemas de estanqueidad del agua. Los principales defectos operacionales incluyen obstrucciones, escombros, incrustaciones y raíces (p.40).

2.2.1.5. Normativa

No existe una normativa que nos indique el uso de esta tecnología en nuestro país, sin embargo, existen normas utilizadas en otros países y las más conocidas son:

UNE – EN 13508-2:20032

NC-AS-IL01-40

Las normas nos indican las inspecciones que se deben realizar antes y después de la instalación o reparación de tuberías; Para así, poder determinar el estado de desgaste y

deterioro de las tuberías de la red de alcantarillado, y poder establecer un método para su reemplazo o reparación.

Previo al inicio de las labores de inspección con CCTV de redes se debe considerar que: Los trabajos de inspección se desarrollan bajo flujos mínimos en los alcantarillados principales, el mismo que se regula de tal manera que la profundidad de este no supere el 10% del diámetro de la tubería, sin embargo, los lentes de la cámara deben estar por encima de cualquier superficie de agua en la tubería todo el tiempo.

Es necesario controlar y conservar el flujo dentro del límite, mientras se lleva a cabo la inspección, ya sea bloqueándolo, haciendo un bypass o desviándolo. (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 16)

La siguiente información será grabada en un DVD al iniciar la inspección de cada sección:

- Numeración de las cámaras de inspección y tramos.
- Localización de la red.
- Fecha de la inspección.
- Dimensiones de las tuberías (mm), medidas a lo largo de la inspección con sistemas tipo láser o similares que cumplan esta función (para determinar grados reales de ovalidad y variaciones en el diámetro) así como también se debe medir la cota batea del conducto existente para revisar el alineamiento vertical de todo el tramo, con el mismo tipo de cámaras, para obtener una información tridimensional de la tubería a ser rehabilitada.
- Material y longitud de la tubería.

- Localización precisa de las conexiones de acometidas domiciliarias y uniones, distancia medida desde la cámara de inspección de entrada. (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 16)

La inspección con CCTV debe proveer una vista clara de juntas internas y conexiones de los accesos domiciliarios a lo largo de la sección de la tubería. La cámara y el sistema de iluminación abastece un registro claro, adecuado y encaminado a la conexión interna de la tubería, a color, acompañado de valores numéricos de los diámetros y cotas batea (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 16).

“La grabación debe ser un registro continuo sin interrupciones o saltos en la imagen. En caso de requerirse, se debe gestionar ante las respectivas autoridades y ante EPM, la autorización o permiso de cierre de vía” (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 16).

Para el funcionamiento estándar de las labores que desarrolla en esta actividad, es indispensable que se disponga de los equipos mínimos que se describe en los siguientes numerales:

Equipos de despejo y lavado de la red de alcantarillado se pueden utilizar en cualquier clase de equipo de succión presión sobre camión siempre y cuando opere con un mínimo de 60 galones por minuto a 2000 PSI y disponga de los elementos y accesorios especiales requeridos para tal fin (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 17).

Es necesario poseer equipos de limpieza o lavado portátiles para la limpieza de redes dado que existe la posibilidad que en ciertos sitios se requiere la inspección de las redes que no cuentan con acceso vehicular.

Se requiere inspeccionar las redes haciendo uso de equipos dotados con láser o sonoros al igual que se puede combinar métodos para inspeccionar las redes de acuerdo con las condiciones y tipo de defectos encontrados (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 17).

Se debe disponer en todo momento de los siguientes elementos:

- Tapones inflables en todos los diámetros para desvío o taponamiento de caudal aguas arriba.
- Bombas sumergibles para succionar el caudal retenido aguas arriba.
- Winches y patines. Se debe considerar que se puede encontrar con redes de alcantarillado que exponen deformaciones reprimiendo el paso del equipo tractor que transporta la cámara de televisión. Equipos de comunicación, que avalen la comunicación entre los diferentes puntos de la zona de trabajo.

Los equipos de diagnóstico de redes con circuito cerrado de televisión (CCTV) deben estar provistos con software que admitan la aplicación de la metodología en el diagnóstico y evaluación de redes de alcantarillado con CCTV de EPM.

De acuerdo con CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA (2017), contar con las licencias originales del software y la garantía al soporte de la estabilidad de dicho software por el periodo de duración del contrato es un requerimiento necesario y las licencias solicitadas por cada equipo de televisión son:

- Software de inspección, para hacer la grabación en formatos de video con una calidad de imagen igual a la televisada y pueda ser visualizada en cualquier equipo o computador.

- Software para la codificación, calificación y clasificación, de los tramos de red diagnosticados.
- Software para el proceso de la información en oficina que permita el análisis, toma de fotos y generación de los informes en los formatos definidos y aprobados por EPM de acuerdo con la metodología para el diagnóstico y evaluación de redes de alcantarillado con CCTV de EPM.

La inspección con cámara y circuito cerrado de televisión, CCTV, se relaciona con el ingreso por una de las cámaras o cajas de inspección de alcantarillado, una cámara especial de televisión debidamente montada sobre un equipo de tracción propia para que por control remoto se pueda observar y grabar el estado de la red.

Cada grabación con CCTV se inicia con un paneo o recorrido del lugar en donde está ubicada la cámara de inspección por donde se introduce la cámara de televisión, indicando además la dirección del lugar. En esas primeras imágenes de grabación se debe dejar ver en forma clara el lugar de trabajo. Una vez iniciada la grabación no puede realizarse cortes o ediciones (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 18).

2.2.1.6. Aplicaciones

En la publicación de Arteaga (2010) afirma que existen múltiples circunstancias y aplicaciones en las cuales un sistema CCTV aporta una solución y estas pueden ser:

- Seguridad: Siendo esta la aplicación más común.
- Accesos: Reconocimiento facial para permitir o denegar accesos a localizaciones restringidas.

- Control: Sistema para control de tráfico.
- Inspección y mantenimiento de tuberías: Utilizadas para el diagnóstico y detección de problemas internos en sistemas sanitarios.

2.2.1.7. Beneficios socio ambientales

Las cámaras CCTV se introducen en las tuberías por una hendidura existente, un pozo o arqueta, por lo que no se requiere ningún tipo de obra, así se eliminan las molestias derivadas de la obra civil como ruido, polvo, tráfico, etc. y no se generan residuos.

Según Ortega (2015) existen muchos beneficios relacionados con el medio ambiente, entre los que más destacan son los siguientes:

- **Cero ruidos:** Esta tecnología permite desarrollar operaciones en el subsuelo evitando abrir zanjas en el pavimento y limitando el uso de maquinaria.
- **Aire sin polvo:** Las obras urbanas contaminan el aire a consecuencia del polvo y los gases emitidos por la maquinaria.
- **Respeto por los entornos naturales:** Esta tecnología evita las agresiones a la flora, fauna y el agua que se filtra hacia las capas freáticas como consecuencia de las obras con zanja.
- **Mantenimiento de la actividad local:** La instalación de conductos y cables subterráneos puede realizarse sin interferir en el día a día de los transeúntes.

2.2.2. Reparación de tuberías in situ (CIPP)

Rimachi (2017) afirma que es una técnica de rehabilitación por la cual se instala una felpa impregnada de resina (poliéster, vinil éster o Epóxico), dentro de una tubería existente y luego se cura por medio de agua caliente o vapor de agua, tomando la forma de la tubería receptora. Los métodos por los cuales se puede curar la resina son varios y entre ellos se puede contar con agua caliente, vapor o aplicación de rayos ultravioleta (Chávez Pullas, 2014, p. 19).

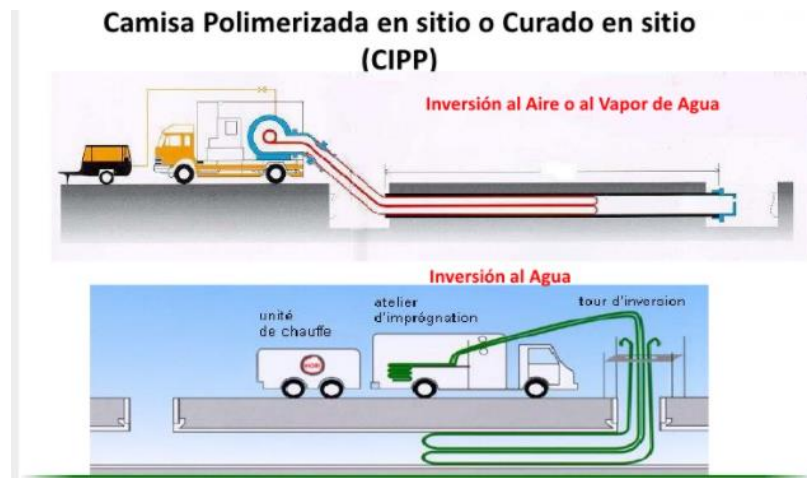


Figura 10. Curado in situ de tuberías

Fuente: (Andesco, 2012)

El CIPP según lo estipulado por Circundante (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA (2017) se compone de un material reconocido como apropiado para uso en el revestimiento interno de tuberías de acueducto y alcantarillado las características de este son:

- Debe ser una felpa impregnable con resina
- Curada después de ser colocada dentro del tubo a ser renovado
- Resistencia a bacterias del suelo y los efectos del suelo

2.2.2.1. Descripción y características de la reparación de tuberías CIPP

La tecnología de renovación de redes sin zanja se define como la técnica a utilizar en la renovación de redes subterráneas en mal estado con un mínimo de excavación y alteración superficial según los CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA (2017), esta técnica se ocupa en zonas ambientales catalogadas como sensibles y de acceso restringido por la vegetación que esta alrededor del lugar.

Además, Rimachi (2017) partiendo de su experiencia menciona que el aplicar este sistema aumenta la capacidad hidráulica hasta un 30% además de se puede alcanzar lo siguiente:

- Acceso: Cámaras de inspección
- Rango de diámetros: 150 mm – 1100 mm
- Tipo de daño: Todos, excepto colapso
- Puede utilizarse con nivel freático, pero suspendiendo el flujo.
- Longitud máxima de rehabilitación: 200m.

Reducción de la infiltración: El proceso propuesto según Espinoza, y otros (2015) permite que el agua que entra en el sistema de alcantarillado a través de grietas, agujeros y fallos en las juntas puede sobrecargar las estaciones depuradoras, especialmente en periodos de lluvia. La manga reduce significativamente estas infiltraciones. En tiempo seco, las raíces encuentran en el sistema de alcantarillado una atractiva fuente de agua y nutrientes, creando obstrucciones y desbordamientos.

Integridad estructural: En este caso la manga restaura la integridad estructural de las tuberías de saneamiento dañadas.

Mayor capacidad de flujo: La manga usada además proporciona la menor reducción transversal de todos los métodos usados para rehabilitar tuberías. No hay juntas ni uniones que se puedan separar con el tiempo y el interior liso, sin juntas, proporciona excelente resistencia a la abrasión y normalmente mejora la capacidad de flujo (Espinoza, y otros, 2015).

Solución económica: Espinoza, y otros (2015) afirma que la instalación de la manga por lo general es menos costosa que los métodos convencionales de apertura de zanja y sustitución de la tubería de alcantarillado. Cuando se consideran las pérdidas de ingresos en los comercios adyacentes, las afecciones al tráfico y los costes sociales asociados con otros métodos, sus ahorros son incalculables.

Flexibilidad de instalación: Adicional se puede instalar con inversión de aire o de agua, y el curado se hará respectivamente con vapor de agua o agua caliente (Espinoza, y otros, 2015).

2.2.2.2. Características de los equipos usados

Mangas: son definidas por Chávez Pullas (2014) en el cual las mangas empleadas para CIPP son un conjunto de fibras tejidas o no tejidas de fieltro, con capacidad de resistir presiones y temperaturas de curado; las cuales se superponen unas a otras hasta que se alcanza el espesor requerido. La manga de empleo frecuente para CIPP consiste en un conjunto de fibras sintéticas cosidas a un fieltro denso, que puede estar hecho de poliéster, polietileno o polipropileno, además porque tienen una geometría y longitud definidas.



Figura 11. Manga CIPP

Fuente: (INSITUFORM, 2018)

Entre las características externas de esta capa externa que está formada por un material plástico impermeable resistente a altas temperaturas (polietileno o poliuretano), el cual se puede adherir al fieltro a través de componentes químicos o térmicos.

Resina: Este es uno de los factores determinantes para evaluar el desempeño de la manga tanto al corto como al largo plazo para considerar la flexión, tensión y compresión (Chávez Pullas, 2014, p. 24).

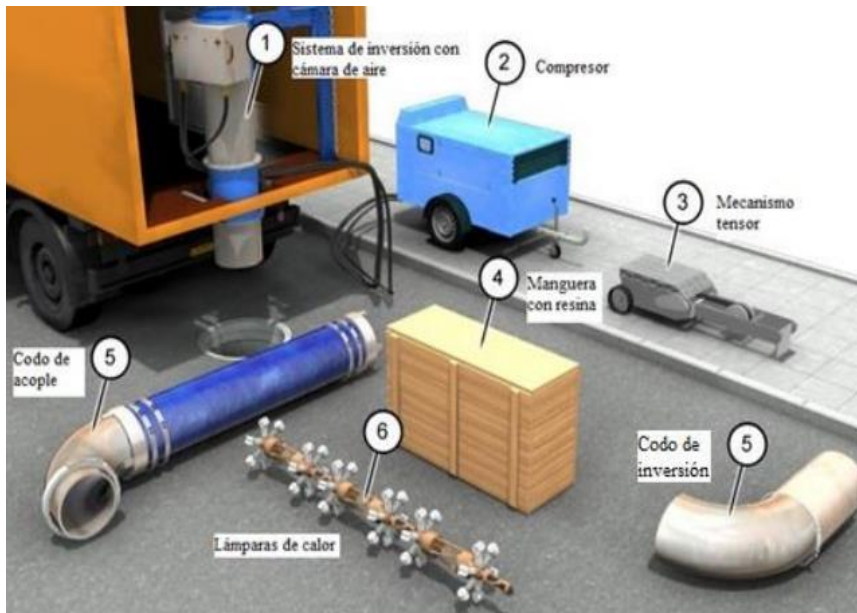


Figura 12. Equipo de instalación

Fuente: (Chávez Pullas, 2014)

Proceso de instalación de la manga

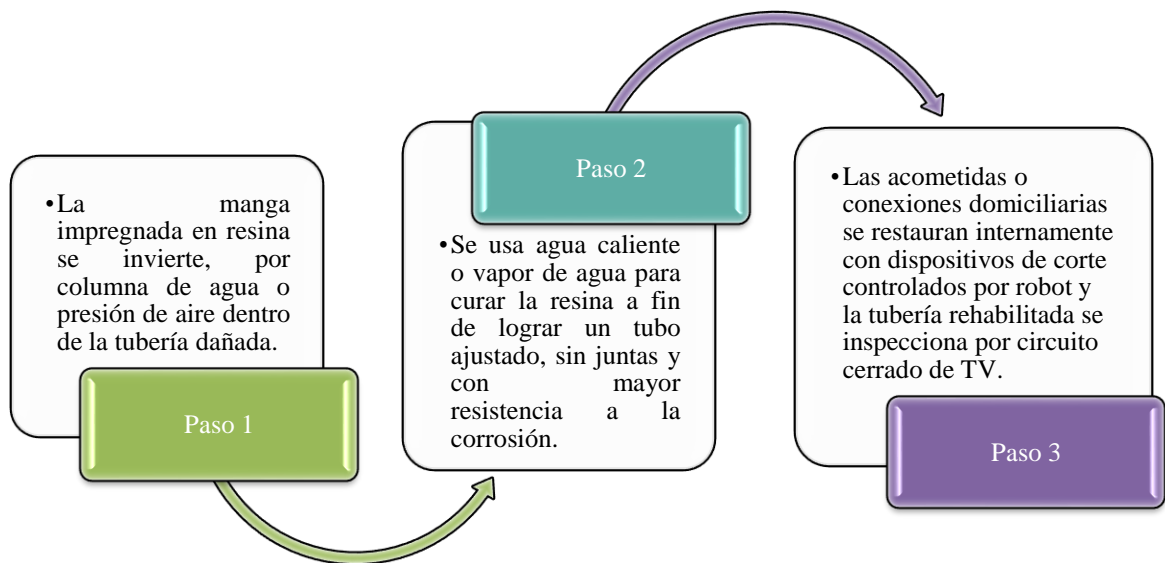


Ilustración 1. Proceso de instalación de la manga

Fuente: (Chávez Pullas, 2014)

2.2.2.3. Ventajas de la reparación de tuberías por CIPP

- Puede ser aplicada en toda clase de tuberías, sean o no circulares.
- Mejora las condiciones de circulación de flujo. Aunque se disminuye el diámetro, una nueva superficie menos rugosa reduce las pérdidas de carga por fricción.
- Permite eliminar problemas de infiltración, exfiltración e intrusión de raíces en la tubería, que son principalmente asociados a la presencia de juntas no herméticas.
- Es una tecnología que tiene mínimo impacto, por cuanto reduce congestiones vehiculares, costos sociales generados por el trabajo y minimiza el impacto a la economía local.
- Debido a la naturaleza flexible del revestimiento antes de ser curado, este puede ajustarse a las curvas, grietas y defectos de la tubería matriz (Chávez Pullas, 2014, p. 25).

2.2.2.4. Experiencia e historia de la reparación de tuberías por CIPP

En base a la importancia del progreso de la infraestructura urbana en materia de construcción de redes de servicios públicos, y en contraste con los grandes impactos socioambientales que conllevan, distinguidos grupos de ingenieros han sido inspirados por esta dualidad, motivándolos a buscar alternativas para desarrollar las obras y proyectos de construcción de redes de servicios públicos procurando una mitigación de las afectaciones a la sociedad y al medio ambiente.

Callejas (2018) menciona al artículo publicado por el Journal of Terramechanics en el año (1969), mismo que trata sobre una tecnología para instalación de redes de acueducto en

campos y cultivos sin necesidad de excavar zanjas, este se hizo popular permitiendo a los agricultores desarrollar la infraestructura para el riego evitando el daño de los cultivos.

Además, Callejas (2018) dice que, con esta tecnología, con el pasar de los meses surgieron herramientas similares, cuyo fin es minimizar la apertura de zanjas, logrando alcanzar una gran popularidad por sus estupendos beneficios técnicos, además de que rehabilita redes deterioradas por el recubrimiento de paredes internas en las tuberías, razón por la cual adoptó desde 1969 el nombre de Tecnologías Sin Zanja.

2.2.2.5. Normativa

La normativa de construcción para renovación de tubería de acueducto y alcantarillado sin zanja por el método cured in place pipe (CIPP), instituye los requerimientos a cumplirse para renovar las tuberías sin necesidad de abrir zanja, los cuales se encuentran regulados por las normas americanas ASTM F1216 y F1743 respectivamente. Adicionalmente debe cumplir con lo establecido en las siguientes normas: ASTM D790, ASTM C581, ASTM D638 y ASTM D903.

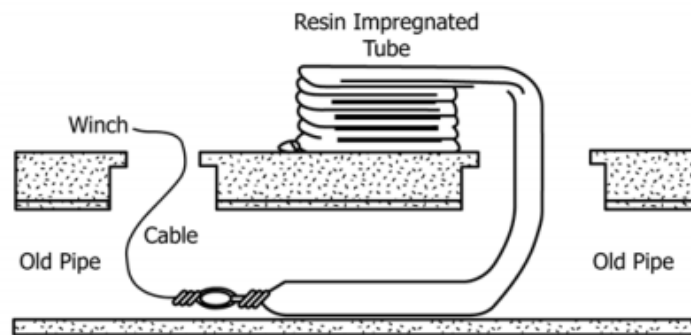
El CIPP se puede utilizar para la renovación de redes de servicios ubicados en zonas ambientalmente sensibles y los lugares donde el acceso a la superficie puede ser restringido, debido a la existencia de estructuras viales o vegetación y en otros casos en que se estime conveniente. (CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA, 2017, p. 4)

Tabla 3. Criterios para la aplicación del CIPP

	Parcialmente deteriorada	Totalmente deteriorada
Condición del tubo	Comprometido hidráulicamente, corrosión superficial	El tubo anfitrión perdió su "circularidad" y rigidez (resistencia) a la flexión
Evolución del tubo en el futuro	Estable	Es probable que colapse
Requerimientos de diseño	El revestimiento se diseña para que resista la presión del nivel freático.	El revestimiento se diseña para que resista la presión del nivel freático mas la presión del suelo circundante mas cargas vivas

Fuente: ASTM F1216

Step 1 – Pull resin-impregnated tube into existing pipe.



Step 2 – Calibration hose inversion

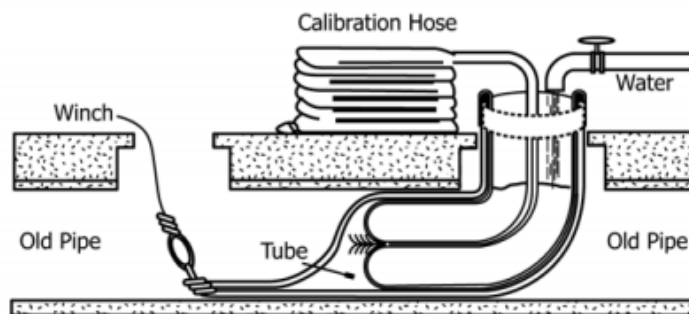


Figura 13. Métodos de instalación de tuberías curadas In-Situ

Fuente: ASTM F1743

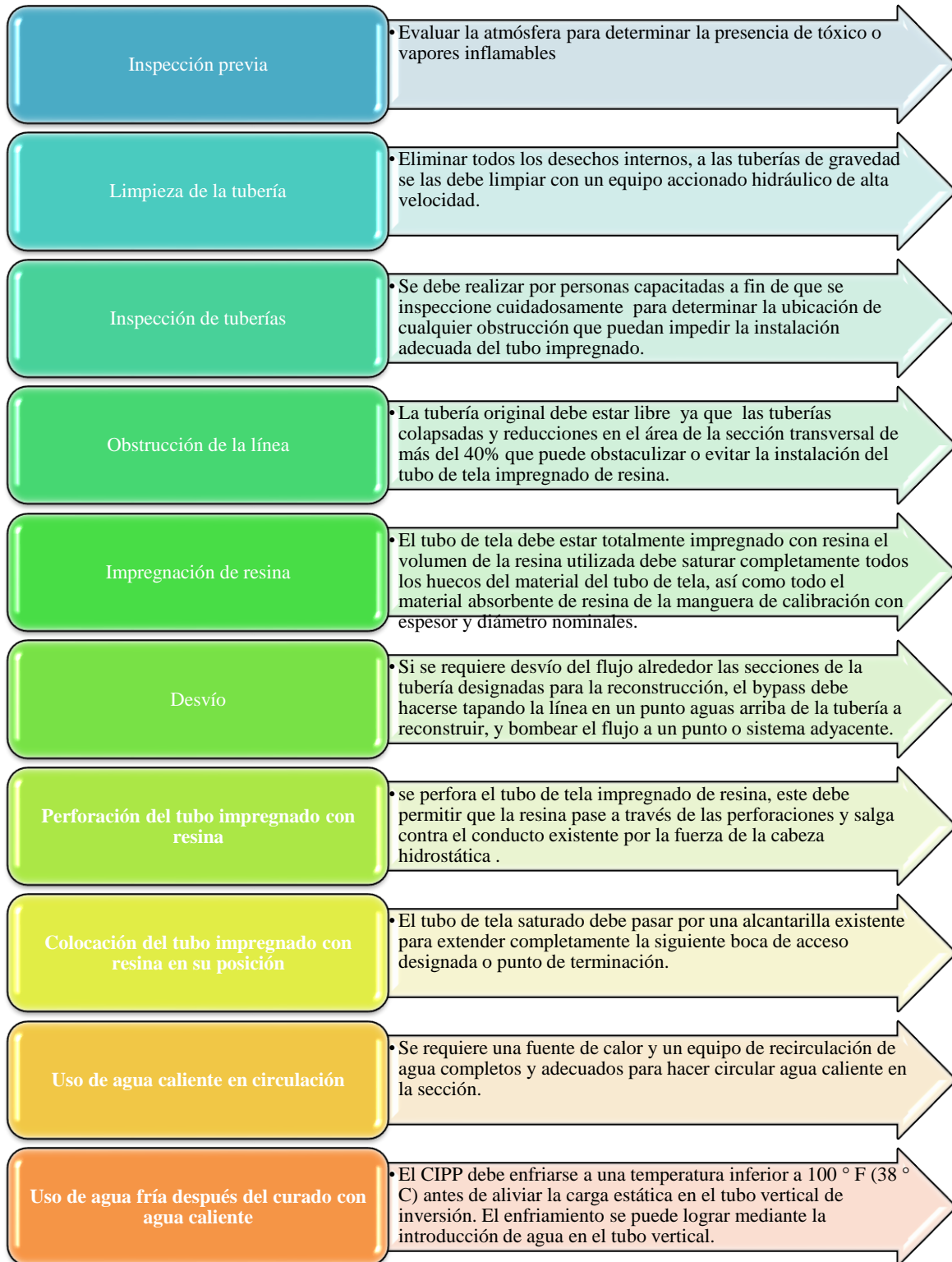


Ilustración 2 Aplicación del CIPP

Fuente: ASTM F1743

2.2.2.6. Aplicaciones y costos

Los CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA (2017). La implementación y aplicación de este tipo de técnicas hace que sea mucho más económico para el inversionista ya sea público o privado esto debido a su operacionalización y mantenimiento, además de que si necesita un refuerzo estructura este genera una pérdida mínima del diámetro útil de la tubería, finalmente las características del revestimiento, disminuye la pérdida de carga en la tubería por la baja rugosidad del revestimiento.

2.2.2.7. Beneficios socio ambientales

Este método presenta una reducción de las molestias al entorno, como la reducción de ruido y consumo energético, además cuenta con un tiempo de ejecución reducido (habitualmente una instalación en 24 horas) y una ocupación mínima de la calzada (dos camiones, un carril) conservando el tráfico en todo momento.

Mientras que Ortega (2015) menciona que esta tecnología minimiza el riesgo ambiental garantizando el compromiso con la sociedad, también se conciben como un eje crucial en el desarrollo de las ciudades inteligentes, son un ejemplo de cómo se pueden llevar al mercado soluciones tecnológicas transformadoras que permitan poner en marcha las actuaciones que demanda la sociedad a través de la investigación y el desarrollo.

Entre los principales beneficios está la minimización de los residuos, debido a que cuando se daña o presenta una filtración una tubería se debe abrir una zanja y la reparación de esta genera desperdicios de diferentes características, mientras que otro de los beneficios es que se genera un correcto gasto público por el adecuado cuidado a la infraestructura estatal, en

cuanto al medio ambiente esta técnica proporciona un aire sin polvo y una gran disminución en el tráfico.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE CASOS DE APLICACIÓN REALIZADOS.

La rehabilitación de tuberías fue realizada mediante tecnología avanzada y mano de obra especializada, utilizando sistemas no destructivos para el diagnóstico de tuberías de agua, alcantarillado y otros efluentes. Este sistema incluye las mangas de resina de alto rendimiento para el curado interno de la tubería.

RePipe es una empresa que empieza sus actividades en el 2013, tras crear una alianza entre dos empresas internacionales dedicadas al refuerzo de estructuras, tratamiento de superficies, impermeabilización y recuperación de estructuras, en la actualidad esta empresa se encuentra operando en toda Latinoamérica y territorio brasileño, en la actualidad es una compañía de expertos especialista en video inspección por CCTV y rehabilitación de tuberías por métodos sin zanja, esta empresa utiliza equipamientos de tecnología avanzada y de última generación, buscando proveer siempre la mejor solución para las problemáticas de todos sus usuarios (RePipe, 2016).

3.1. Rehabilitación de tubería de alcantarillado en Sao Paulo realizado el 23 de marzo 2016

Para un buen diagnóstico de la red, fue necesario limpiarla, la rehabilitación comenzó con una limpieza del segmento de la red a recuperar, esta fase fue realizada de forma cuidadosa para evitar el agravamiento de las condiciones estructurales preexistentes.

“Una red de alcantarillado obstruida crea serios problemas que afectan la integridad de la tubería, pero también generan riesgos a la salud pública” (Rodriguez, 2016).

Para DN (diámetros nominales) de hasta 600 mm, o suciedad ligera en DN más grandes, las boquillas conectadas a un camión hidrojet limpió la red y luego se aspira con un camión de vacío (RePipe, 2021).

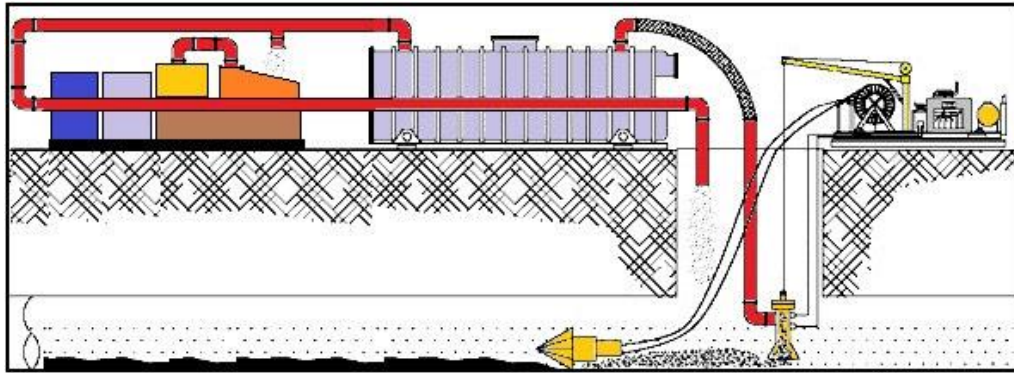


Figura 14. Limpieza de la red de tubería

Fuente: (RePipe, 2021)

Posteriormente se realizó la etapa de diagnóstico de la tubería, este proceso fue realizado con un equipamiento de inspección por circuito cerrado de televisión (CCTV) y operado por un técnico habilitado en la localización y con el conocimiento de irregularidades estructurales.



Figura 15. Rovver X

Fuente: (RePipe, 2021)



Figura 16. Diagnóstico de tubería

Fuente: (RePipe, 2016)

Una vez realizado este procedimiento se procedió a curar la tubería in situ, esta consistió en la inversión de una manga flexible de poliéster con recubrimiento al interior de la tubería existente, impregnada con una resina, la cual generó resistencia estructural. Esta técnica a su vez permitió la reparación de la tubería sin que sea necesario hacer excavaciones, este

procedimiento evitó ex filtraciones de agua, penetración de raíces, fugas, pérdidas de presión y posible corrosión.

La manga fue introducida en la red que necesitaba rehabilitación, mediante una columna de agua o aire, incluso fue impulsada a lo largo de la tubería, invirtiéndola y presionándola fuertemente contra las paredes del tubo existente. Luego, se aplicó vapor, creando una reacción química en la resina que produjo la polimerización de esta y así se formó un nuevo tubo en el interior, mismo que quedó rehabilitado.

3.1.1. Problema existente previo la reparación

El centro logístico del caso de estudio fue empleado para el almacenaje de productos, para el cual se establecieron directrices de la forma en que los materiales deben ser despachados, sin embargo, este no cumplió con los requerimientos necesarios por lo que se provocó un daño prematuro en las tuberías, para poder lograr una adecuada recuperación de estas fue necesario que se reconstruya este centro al igual que las tuberías.

Mediante el circuito cerrado de televisión (CCTV) se observaron las filtraciones, fisuras y daños en las tuberías, entre estos se encontraron: tuberías viejas, conexiones mal elaboradas y elevada presión de agua.

3.1.2. Exploración y reparación de la tubería

La tubería rehabilitada mediante el método CIPP para aguas pluviales, tenía de diámetro nominal (DN) de 400 a 1500 mm.

La inspección y exploración interna de las redes de agua, alcantarillado y demás efluentes se realizó de forma robotizada, para verificar la situación real de las instalaciones, así como las necesidades de mantenimiento, limpieza y eliminación de incrustaciones.

Mediante el circuito cerrado de televisión (CCTV) se obtuvo las condiciones completas de filmación y grabación de imágenes que proporcionaron parámetros para definir el tipo de tratamiento a realizar, permitiendo:

- La elaboración de informes de diagnóstico de las condiciones de la red.
- Se definió la estrategia a adoptar en la rehabilitación a realizar.
- Se disminuyó el nivel de exposición en áreas de riesgo y espacios confinados.
- Se identificó la solución personalizada y la más adecuada a las patologías encontradas y las necesidades del cliente.



Figura 17. Exploración de tubería (tramo 1)

Fuente: (RePipe, 2016)



Figura 18. Exploración de tubería (tramo 2)

Fuente: (RePipe, 2016)

Las reparaciones de la tubería se las realizó mediante curado in situ (CIPP) por medio de una manga de resina flexible, en la cual se introduce agua caliente a una gran presión para poder expandirla, luego se la enfría introduciendo agua fría, y la manga se queda impregnada en el tubo, posteriormente se envía a los trabajadores para cortar la manga y finalmente se inspecciona con el equipo de circuito cerrado mediante cámaras de televisión (CCTV) para poder verificar que no quedaron filtraciones, fallas o fugas.



Figura 19. Manga de resina flexible

Fuente: (RePipe, 2016)



Figura 20. Extensión de la manga en la tubería

Fuente: (RePipe, 2016)

Extensiones:

Las conexiones de las ramas se pueden volver a abrir de forma remota después del recubrimiento, pero se debe tener cuidado durante la instalación para asegurarse de que el exceso de resina no ingrese a las ramas. Los sistemas CIPP también se utilizan para recuperar ramas laterales desde el interior de la red de distribución principal.

Algunos sistemas CIPP se pueden utilizar en tuberías de gran diámetro (con acceso para el personal).



Figura 21. Expansión de la manga en la tubería

Fuente: (RePipe, 2016)



Figura 22. Curado mediante agua caliente y fría

Fuente: (RePipe, 2016)

3.1.3. Resultados de la reparación

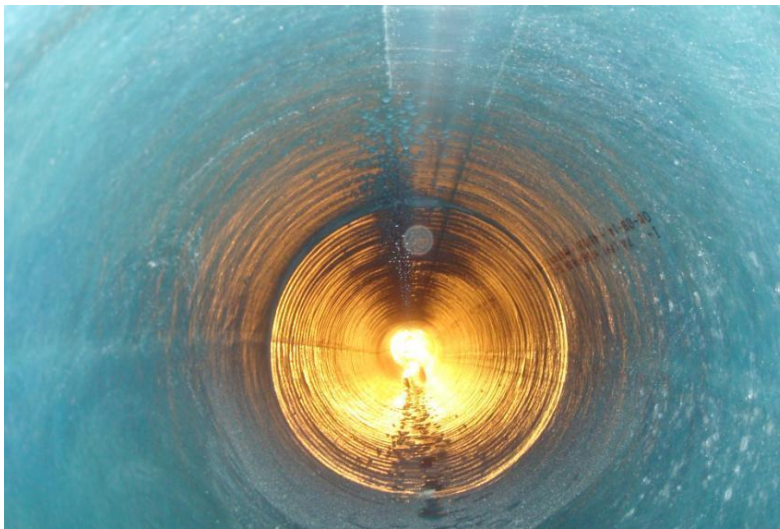


Figura 23. Resultado de la tubería reparada con CIPP

Fuente: (RePipe, 2016)

La tubería quedó perfectamente cubierta con la manga de resina mediante CIPP, dándonos como resultado:

- Una tubería mucho más resistente, ya que su módulo de flexión de elasticidad supera lo mencionado en la norma ASTM F1216.

- Una vez realizado el procedimiento, la tubería es resistente a la corrosión, las pruebas realizadas en otros trabajos no presentan ningún tipo de agresión química o detrimento de resistencia a pesar de la prolongada exposición a las aguas residuales, también esta tiene una mayor resistencia a la deformación por pandeo a largo plazo.
- A pesar de reducir de manera leve el diámetro interno de la tubería, una vez curada resulta en una superficie interna muy lisa que favorece la capacidad hidráulica del ducto.
- La felpa fue impregnada íntima y homogéneamente con un conjunto de resinas previamente preparadas y mezcladas.

3.1.4. Comparación con el arreglo de la tubería por el método tradicional

El método tradicional de apertura de zanjas tiene sus desventajas, por ejemplo: altos costos por la apertura de zanjas, sobre todo cuando existe nivel freático y ruptura de pavimentos.

- Impacto ambiental considerable por la pulverización de material y ruido.
- Impacto de movilidad en las vialidades y aceras.
- Costos adicionales por materiales y operaciones de relleno.

El rendimiento de los trabajadores en el método tradicional de zanjas depende de la habilidad de mano de obra y maquinaria al abrir la zanja, sin mencionar que se necesita el empleo de una cuadrilla, conformada de personal para trabajar.

El CIPP pertenece al grupo de tecnologías sin zanja, mientras que el tradicional es un método a zanja abierta, el cual estamos acostumbrados a emplearlo. Uno de los beneficios

que brinda el método CIPP en la rehabilitación de tuberías es principalmente la seguridad de los trabajadores.

Durante mucho tiempo se ha aceptado que la excavación abierta es capaz de causar grandes trastornos al comercio y al público en general. Mediante la excavación de una zanja para tener acceso a la tubería, se retira la tubería afectada para instalar una nueva, posteriormente la zanja se rellena con material compactado y si es necesario se recubrirá nuevamente con pavimento.

De acuerdo con Carlos Suzuki, gerente de saneamiento de Tejofran, el método emplea un tubo de tela impregnada con resina epoxi o poliéster, que se introducen en la tubería existente, se infla contra sus paredes y se cura a temperatura ambiente con un baño de recirculación de vapor o agua caliente. De esta forma, asume la función de la nueva tubería, que ahora tiene un diámetro mayor.



Figura 24. Comparación método tradicional

Fuente: (Piqueras, 2016)

3.1.5. Repercusiones del trabajo realizado, existentes y evitadas

RePipe mediante su uso de tecnologías sin zanja, aplicando el circuito cerrado de televisión (CCTV) y el curado in situ de tuberías (CIPP), pudo hacer un reforzamiento de la capacidad estructural de la tubería, con lo cual mediante estos nuevos métodos no es necesario la excavación de zanjas; como sabemos esta actividad involucra extracción de tierra y roca, generalmente en estado natural, por lo tanto, esto produce zonas susceptibles a derrumbes.

Se evitaron varios accidentes que ocasionalmente se presentan al momento de realizar una excavación de zanja, estos son:

- Derrumbes, consecuencia de atrapamiento de uno o más trabajadores.
- Accidentes por el uso de maquinaria.
- Golpes por caída de materiales o herramientas

3.1.6. Entrevista a profesional constructor y técnico de aplicación del caso

La empresa Pires Giovanetti Guardia, es una empresa brasileña con más de 34 años en el mercado, cuyas sedes se localizan a nivel de América Latina, brinda beneficios de reparación, impermeabilización y rehabilitación, buscando siempre mantener la visión y misión de la empresa junto con la innovación.

Trabaja implementando nuevas innovaciones en ingeniería en el área de impermeabilización, otorgando soluciones de alta tecnología, con uso intensivo de equipos y mano de obra calificada, para prestar servicios de alto valor agregado, de forma sustentable.

Esta empresa brinda información sobre los beneficios y ventajas de las tecnologías sin zanja frente a las tradicionales y fomentan la colaboración público-privada, siempre con el objetivo de conseguir ciudades sostenibles, ensalzar la calidad de vida de sus ciudadanos y garantizar el bienestar de las generaciones venideras.

Las entrevistas del caso se las realizó a dos profesionales de la empresa con experiencia en este tipo de tecnologías, los cuales nos dieron cada uno su opinión, criterios y puntos de vista para entender mucho mejor el manejo de estas innovaciones.

1. **Ing. Cleber Da Costa Miranda:** Gerente de la empresa Pires Giovanetti Guardia, participó en las rehabilitaciones de tuberías en Brasil y algunos países de Latinoamérica, nos habla acerca de uno de los ejes estratégicos para el desarrollo de ciudades inteligentes, el cual es principalmente el uso de tecnologías sin zanja. Con esta innovación, se busca principalmente dos cosas: el beneficio de los ciudadanos y el medio ambiente.

Este nuevo modelo es ecológicamente eficaz, eficiente y brinda soluciones de recuperación de tuberías con menor impacto sobre el medio ambiente, agilidad y mejor costo beneficio, permitiendo alcanzar el objetivo global de desarrollo sostenible y a su vez menores riesgos de accidentes laborales.

2. **Ing. Roberto Naranjo:** Gerente de la empresa Pires Giovanetti Guardia en Ecuador, busca implementar esta tecnología en el país y así, mostrar las últimas novedades de sistemas para la rehabilitación, renovación, reparación y sustitución de tuberías existentes que ofrecen una gran ventaja comparado con el sistema tradicional.

En la ciudad de Quito, las tuberías de agua potable y alcantarillado siempre han presentado un problema debido al deterioro de vías por apertura de zanjas, con lo cual se deteriora la calidad de los pavimentos, reduciendo su duración y generando problemas vehiculares. Por lo tanto, las tecnologías sin zanja permiten llevar a cabo, con menores costos, y en menor tiempo todas las actividades relacionadas con los servicios enterrados; y todo ello sin generar ninguna destrucción a la vía, ni molestia a los ciudadanos.

3.2. Rehabilitación de tubería de alcantarillado pluvial en Brasilia realizado el 01 de abril 2016.

La tubería tuvo una rehabilitación de las travesías o culvert, para DN (diámetro nominal) de 800mm.

Los tipos de carga que la tubería enterrada estaba soportando son los siguientes:

Cargas de trabajo:

- Peso de la tubería
- Peso del fluido
- Carga muerta externa

Cargas Vivas:

- Cargas vivas en vías
- Cargas vivas de vías férreas y ferrocarriles
- Cargas vivas durante una construcción.
- Cargas por impacto



Figura 25. Vía férrea sobre la tubería

Fuente: (RePipe, 2016)

3.2.1. Problema existente previo la reparación.

Las tuberías de agua (ya sea agua potable o agua residual) tuvieron un desperfecto en su servicio, ya que están pueden hacer que sus capacidades de transporte hidráulico disminuyan. Diferentes factores pueden provocar pérdidas volumétricas de agua que son irreversibles (Ortega M. d., 2014).

La red de alcantarillado sufrió un daño en las tuberías debido a problemas de hundimiento por el peso del tren en las vías. La tubería estuvo sometida a sobrecarga, la cual estuvo trabajando a presión en lugar de canal abierto.

Otro problema fue el crecimiento de raíces, estas tienden a crecer y penetrar en las tuberías, especialmente si las aguas se estancan en estas.

La infraestructura de un ferrocarril necesita mantenimiento realizado regularmente por las noches, que no está exento de complejidad y requieren de personal calificado para su correcta consecución, debido a esto el costo de la parada de un ferrocarril es muy elevado

y con la tecnología Repipe, no fue necesaria la parada de la línea. La tubería ya estaba dañada y el cliente ya tenía presupuesto para el cambio de la tubería por método destructivo.



Figura 26. Estado de la tubería interna

Fuente: (RePipe, 2016)

La rehabilitación, mejora de vías férreas y la opción de revestir o reparar alcantarillas ya existentes es más asequible y estructuralmente tan eficaz como la construcción de algo nuevo.

El alcantarillado en vías férreas es necesario para la recolección de aguas lluvias, que no permitan el flujo del agua, lo que puede producir daños en la estructura de la línea férrea.

3.2.2. Exploración y reparación de la tubería.

En el diagnóstico de la tubería de alcantarillado, fue importante identificar las zonas que presentan algún tipo de problema. Para esto fue necesario el uso del sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) para obtener la información interna de la tubería.

Esto será esencial si el diagnóstico se usa para realizar algún tipo de rehabilitación o en el cambio de tubería. (Jiménez, 2014, p. 108)

Se identificó en los planos del sistema el tramo a ser inspeccionado, mediante las cámaras de inspección aguas arriba y aguas abajo de dicho tramo de vía. Para esto no fue necesario tener que detener todas las actividades del tren, ya que se cuenta con la tecnología sin zanjas para rehabilitación e inspección.



Figura 27. Limpieza de la red de tuberías

Fuente: (RePipe, 2016)

La inspección comenzó en la parte más baja de la red y progresó aguas arriba. Se procedió a limpiar las tuberías de sedimentos u otros elementos sólidos.

Es significativo establecer la limpieza de la red como una diligencia rutinaria sin esperar que existan fallos por obstrucción, ya que cuando esto ocurre la reparación de los daños llega a ser más costosa y el tiempo de rehabilitación es mayor.

Se introduce la manga CIPP para poder rehabilitar la tubería, en el tramo analizado previamente.



Figura 28. Manga CIPP introducida en la tubería

Fuente: (RePipe, 2016)



Figura 29. Expansión de la manga mediante presión

Fuente: (RePipe, 2016)

3.2.3. Resultados de la reparación.

La avería producida fue de una extensión significativa, la reparación de ésta se realizó mediante la sustitución del tramo de tubería afectado. Se secciona el trozo de canalización dañado y se sustituye por un trozo nuevo de tubo del mismo material preferiblemente. En función de la longitud afectada y según las posibilidades de maniobrabilidad, se procedió

a unir el nuevo tramo de tubería con la canalización existente mediante el uso de distintos tipos de acoplamientos.



Figura 30. Tubería en proceso de reparación

Fuente: (RePipe, 2016)

Posterior a la reparación y previo al restablecimiento del servicio, fue necesario volver a llenar la tubería, para lo cual se tenía que realizar un lavado del tramo de tubería afectado, con el propósito de prescindir de sustancias que hayan entrado en los conductos.

3.2.4. Comparación con el arreglo de la tubería por el método tradicional.

La cámara de inspección por el método tradicional de apertura de zanjas fue ventilada previo al ingreso. Como medida de protección, al menos dos horas antes de ingresar se abrieron las tapas de las camas de inspección anterior y posterior del tramo a inspeccionar.

Se corrió el riesgo de que una persona muera por asfixia al ingresar al interior de la zanja, ya que al no existir suficiente oxígeno la persona se vería afectada por los gases producidos por las aguas residuales. Es recomendable realizar un control de inspección adicional para garantizar la seguridad de una persona.

Se ingresó a las cámaras, y un operario debe permanecer fuera del pozo para poder sacar del mismo al otro operario que haya entrado, en caso de emergencia.

La tubería quedó reemplazada y funcionando completamente sin necesidad de una excavación innecesaria de zanja, sin tener que detener las actividades del tren y aún más importante es que mediante este nuevo método se preserva la vida de los trabajadores, con lo cual la vía férrea del no tuvo ningún problema.



Figura 31. Tubería Rehabilitada mediante CIPP

Fuente: (RePipe, 2016)

3.2.5. Repercusiones del trabajo realizado, existentes y evitadas.

Las repercusiones existentes son los incrementos de costos de mantenimiento, debido a la falta de operación o deficiente mantenimiento preventivo. En lo económico esto afectó mucho a la conclusión de la obra.

La capacitación de personal para uso de la nueva tecnología sin zanja para alcantarillado evaluando diferentes factores como: tipo de instalación a efectuar, longitud de los tramos de la vía del tren, diámetro de tubería, tipo de suelo, tipo de fluido que circula en la tubería.

Repercusiones evitadas que se lograron mediante el uso del método de tecnología sin zanja fueron los tiempos de ejecución, mínimos efectos en el medio ambiente, se evitó dañar las obras aledañas como la vía del tren, los caminos y muros.

3.2.6. Entrevista a profesional constructor y técnico de aplicación del caso.

Ing. Cleber Granda: Formó parte de los proyectos en países como Perú, Chile, Brasil, Ecuador y Colombia. En base a su gran experiencia nos habla de que se debe tener en cuenta que cada procedimiento de reparación, rehabilitación o renovación requerirá de una correcta ejecución de la solución adoptada (Ortega M. d., 2014).

Muchos de los problemas que se encuentran en las redes vienen derivados de una deficiente instalación (junta desplazada, oclusión de arena, gravilla, en uniones con junta elástica, incorrecta ejecución del proceso de unión, defectuosa compactación del terreno o elección del material de recubrimiento...) (Ortega M. d., 2014).

Por todo ello, es importante que el personal encargado de la instalación de la red como el encargado de su mantenimiento, reparación, rehabilitación o renovación, tenga el mejor conocimiento sobre el correcto manejo e instalación de tuberías. Exigir que los instaladores de tuberías plásticas sean titulares del Carné de Especialista en Instalación de Sistemas de Tuberías, para así suponer una garantía de que la instalación se realiza correctamente (Ortega M. d., 2014).

Ing. Marco Benavides: Gerente y director de la empresa Pires Giovanetti Guardia, gestiona y trata de ingresar e implementar estos trabajos en el Ecuador.

Las pérdidas de agua en las redes causan costes elevados, bien por costes directos de “producción” de agua (por ejemplo, potabilización, transporte, distribución...), bien por

costes medioambientales (contaminación, escasez de recursos, problemas de salud...). Esta situación se agrava con el crecimiento de la demanda y el cambio climático (Ortega M. d., 2014).

Con lo cual implementar este tipo de tecnologías en el país suponen una gran ventaja económica pero también segura para los trabajadores.

CAPITULO IV: FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE REPARACIONES SIN ZANJA DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE EN QUITO.

En cualquier ciudad el sector de la infraestructura se rige como un verdadero motor de la economía, ya que estas dan soporte otorgando bienes y servicios para el funcionamiento y desarrollo de la ciudad como el agua potable, alcantarillado, saneamiento, etc. Debido a esto se cree necesario que las empresas que se desenvuelven en este sector deben invertir en tecnología diseñada para reparación y rehabilitación de tuberías sin zanja, mano de obra experimentada, desarrollo de la infraestructura y así, contribuir significativamente al crecimiento de la ciudad.

El impacto social de la construcción es un aspecto importante porque adicional a la reducción del déficit de viviendas, se debe considerar los niveles de inversión social, y la colaboración de la sociedad con proyectos de diversa índole que mejoren la comodidad y convivencia de la población (LOZA, 2018, p. 17).

El uso de estas tecnologías en la ciudad de Quito puede ser factible en base al análisis de las ciudades en las que ya se ha aplicado estas estrategias, ya que la factibilidad depende de los recursos humanos disponibles para el proyecto e involucra proyectar si el sistema operará y será usado una vez que está instalado. Las reparaciones sin zanja serán acogidas siempre y cuando los usuarios hayan expresado la necesidad de que estos sistemas sean operacionales la mayor parte del tiempo y tengan una forma más eficiente y accesible.

Comparando las características de los casos de aplicación previamente descritos se puede obtener parámetros de factibilidad en los que nos podemos guiar para poder definir las diferencias de costos, ambientales y culturales en la ciudad de Quito. Mediante esto podemos definir dos tipos de factibilidad:

- Factibilidad económica: La determinación de recursos. Los recursos básicos: el tiempo propio, del equipo, el costo de hacer un estudio, el costo del tiempo de los empleados.
- Factibilidad técnica: El analista debe encontrar si los recursos técnicos actuales pueden ser mejorados o añadidos, en forma tal que satisfagan la petición bajo consideración de los ciudadanos (Kendall & Kendall, 1997, p. 52).

4.1. Comparación de condiciones de las ciudades en los casos ya aplicados con la ciudad de Quito.

El correcto funcionamiento de las redes subterráneas de servicios básicos tales como agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, así como eléctricas y de telecomunicaciones son una necesidad, principalmente en aquellas ciudades que han tenido un crecimiento constante, con sectores densamente poblados que estrechan las posibilidades de ubicar redes nuevas.

El cerrar una calle en estas ciudades, principalmente en nuestra capital, para el mantenimiento, rehabilitación e instalación de una tubería sanitaria, por medio de las practicas comunes de zanja abierta, ocasiona grandes molestias a la población, por temas ambientales tales como polvo, ruido y congestión vehicular, los cuales acarrear costos indirectos por gasto de combustibles y tiempos no productivos de la población (Villalobos & Kauvert, 2017, p. 3).

QUITO:

Quito es la capital del Ecuador localizada en la altura de las llanuras de los Andes, tiene una población de más de 2.1 millones de habitantes y es la ciudad más poblada del país.

Tabla 4. Características Ciudad de Quito

QUITO	
LOCALIZACION	Region Sierra a 2800 metros sobre el nivel del mar
POBLACION	2,011 Millones de habitantes
ALTITUD	2850 Metros
TEMPERATURA	10 a 25 Grados centigrados
PROVINCIA	Pichincha
MONEDA	Dólar Americano
IDIOMA	Español
FUNDACION	6 de Diciembre 1934

Elaborado por: Benavides

El crecimiento de los centros urbanos está convirtiendo a la ciudad de Quito en una gran congestión de vehículos y con grandes vacíos de comodidad.

El crecimiento de la demanda de vehículos en el año 2020 fue del 5.5%. A partir de este año la tendencia del modelo decrece bajo el supuesto de que las vías llegaran a su capacidad máxima, es así como en el año 2021 la demanda es del 4.5%, y en el año 2022 el crecimiento de la demanda sería del 4%.

La tendencia para los siguientes años es disminuir 0.5% a la tasa de crecimiento anual hasta que en el año 2030 la demanda se estabiliza en un crecimiento anual de 0.5% constante hasta el año 2045 (Guerra, 2016).

El crecimiento de la demanda considera:

- Incremento del parque automotor.

- Incremento del flujo de vehículos por ampliación de vías.
- Sensibilizar la demanda ante variaciones en tarifas.

El incremento del parque vehicular según la Secretaría de Movilidad (2014) ha presentado una variación que oscila entre 5 y 10% en los últimos 10 años por año, la secretaría añade que estos datos tienen tendencia creciente en el futuro.

Además, Secretaría de Movilidad (2014) afirma que estas condiciones tienen su efecto nocivo ya que la capacidad instalada de la red vial quiteña no va a abastecer el parque automotor. La imagen que se muestra a continuación refleja que si se mantienen estas estadísticas para el 2030 en Quito podrían existir 1'150.000 carros, situación que podría ser insostenible para gestionar la movilidad.

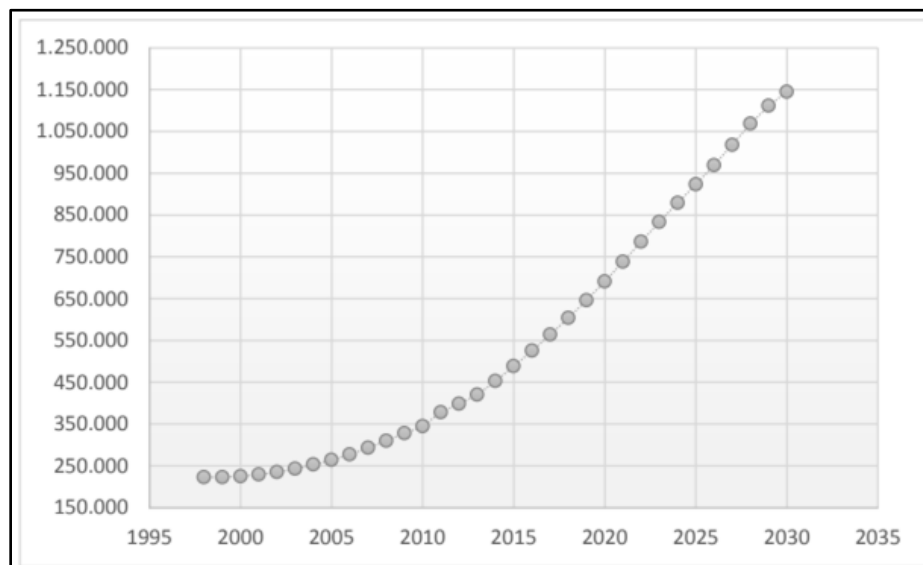


Figura 32. Evolución y proyección del parque automotor

Fuente: (Secretaría de Movilidad, 2014)

Con lo mencionado de manera a priori esto genera mayores tiempos de viaje a los ciudadanos en la periferia quiteña, tanto para las personas que viajan en transporte público, como para aquellas personas que conducen un vehículo propio, según las estadísticas

publicadas por la Secretaría de Movilidad (2014), en promedio estos tiempos se han modificado en un 7%.

Mediante este análisis es muy ineficiente la reparación de tuberías mediante zanjas, las empresas deberían optar por nuevos sistemas sin zanja, la EPMAPS es encargada de realizar mantenimiento de las redes de distribución de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Quito, por lo tanto, cualquier clase de ruptura o fuga en las redes es regulado por la empresa. Las fugas de agua potable y alcantarillado afectan a toda la comunidad principalmente por los problemas que acarrear.

La Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS realiza permanentemente el mantenimiento y limpieza de los sumideros para garantizar su correcto funcionamiento. Las empresas deben evitar una reparación transversal en las vías principales, por ejemplo, una vía occidental en la ciudad de Quito.

BRASILIA:

Brasilia es la capital de Brasil localizada en la región Centro - Oeste del país, tiene una población de 3 millones de habitantes, es la tercera ciudad del país más poblada. Brasilia es una ciudad funcional para la economía, política y jurisdicción de las demás provincias al igual que Quito.

Tabla 5. Características Ciudad de Brasilia

BRASILIA	
LOCALIZACION	Region Centro - Oeste del país
POBLACION	3,015 Millones de habitantes
ALTITUD	1172 Metros
TEMPERATURA	20 Grados centigrados
MONEDA	Real Brasileño
IDIOMA	Portugués
FUNDACION	21 de Abril 1960

Elaborado por: Benavides

El plan estratégico 2019-2060 que efectúa Brasilia en dependencia del crecimiento en el transporte público, tiene como fin la mejora de las condiciones para el incremento de usuarios de autobuses y metro en un 17%. Con este propósito, se generan estrategias para disminuir el tiempo de viaje, aumentar el número de líneas e implementar espacios de estacionamiento en toda la capital, esperando así poder abrir los caminos y aumentar la calidad de vida de la población (Rodríguez, 2019).

Entre 2005 y 2019 hubo un aumento del 241% en la flota de vehículos, en este periodo, la población creció en un 130%, lo que simboliza un acrecentamiento del 185% en los vehículos por habitante, contando con más de 1.8 millones de vehículos en la capital (Rodríguez, 2019).

Tabla 6. Tiempos de Viaje (transporte público)

BRASILIA					
TIEMPO DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO	55 min.	TIEMPO DE ESPERA EN PARADAS	23 min.	DISTANCIA MEDIA DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO	11,6 km
PORCENTAJE DE PERSONAS QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PUBLICO (VIAJES DE MAS DE 2 HORAS)	56%	PORCENTAJE DE PERSONAS QUE ESPERAN MAS DE 20 min. EN PARADAS	68%	PORCENTAJE DE PERSONAS QUE REALIZAN VIAJES LARGOS EN TRANSPORTE PUBLICO	38%

Elaborado por: Benavides

Por tal motivo, Villalobos & Kauvert (2017) afirma que en los últimos tiempos se han desarrollado tecnologías denominadas “sin zanja” para el mantenimiento, rehabilitación e instalación de tuberías subterráneas con el fin de impactar lo menos posible la superficie del terreno, manteniendo las vías habilitadas y afectando lo mínimo al comercio y viviendas de la zona, reduciendo costos socio ambientales que anteriormente no eran tomados en cuenta.

Brasilia opta por este sistema no destructivo (CCTV – CIPP) debido a las consideraciones de la ciudad ya que no se puede parar la circulación vehicular al transportarse por la gran cantidad de personas usando vehículos propios y transporte público.

Los ciudadanos de Brasilia ocupan cerca del 56% transporte público, mediante esto podemos basarnos en comparativas con la ciudad de Quito, esta ciudad se asemeja mediante su población, geografía y sistema de transporte público, y en su población mediante los puntos siguientes:

- Tiempos de viaje.
- Personas que ocupan el transporte público.
- Tiempo de espera del transporte publico 45 minutos, esto es debido a las obras en vías, reparaciones en la calzada, fugas hidráulicas.
- Distancias de viaje.
- Malestar en la población por apertura de aceras, calzada, retrasos de viaje.
- Densidad poblacional: 519.69 Hab/m².
- Cantidad de vehículos en la ciudad 1.8 millones.

Brasilia opta por el uso de la tecnología sin zanjas principalmente para evitar que el sistema de trenes se detuviera ya que movilizan a gran cantidad de personas al día. La empresa (REPIPE) fue la encargada de aplicar estas tecnologías y así reducir en lo mínimo posible las aglomeraciones y estancamientos del tráfico por reparaciones de tuberías rotas, fugas de agua o mantenimiento de sistemas de alcantarillado y agua potable.

SAO PAULO:

Sao Paulo es la ciudad más rica y poblada de Brasil con una población de 12 millones de habitantes siendo una de las más pobladas del mundo. Es la principal fuente financiera de Brasil.

Tabla 7. Características Ciudad Sao Paulo

SAO PAULO	
LOCALIZACION	Region SudOeste del país
POBLACION	12,33 Millones de habitantes
ALTITUD	760 Metros
TEMPERATURA	12-25 Grados centigrados
MONEDA	Real Brasileño
IDIOMA	Portugués
FUNDACION	25 de Enero 1554

Elaborado por: Benavides

En los últimos años, la instalación de tuberías sin abrir zanjas prospera a grandes pasos en el país, especialmente en los sectores de petróleo y gas natural. Considerando tan solo este último mercado, en algunas ciudades, como São Paulo, se han tendido más del 90% de las nuevas redes usando MND, según estimaciones de Comgás, la empresa concesionaria local de gas natural.

Desde el 2007 el Plan de Aceleración del Crecimiento (PAC) el gobierno brasilero impulso la inversión de saneamiento básico es decir redes subterráneas de menor impacto y baratos,

sin embargo, debido al déficit elevado en este sector los avances se vieron reducidos, reflejando al final del año un nivel bajo de concentración en los proyectos que previamente se planificaron.

En el periodo de 4 años planificados se destinó un gasto de 40.000 millones de reales, pero de estos solo se lograron invertir en infraestructura de saneamiento 6000 millones de reales, lo que aparto drásticamente al gobierno de su objetivo a alcanzar para el 2020.

El sistema de carreteras y autopistas de la ciudad es muy heterogéneo, existen dos grandes vías que dividen la ciudad: Marginal Tiete y Marginal Pinheiros; ambas son consideradas las avenidas más importantes de la ciudad.

Tabla 8. Tiempos de Viaje (transporte público)

SAO PAULO					
TIEMPO DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO	63 min.	TIEMPO DE ESPERA EN PARADAS	18 min.	DISTANCIA MEDIA DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO	7,1 km
PORCENTAJE DE PERSONAS QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PUBLICO (VIAJES DE MAS DE 2 HORAS)	64%	PORCENTAJE DE PERSONAS QUE ESPERAN MAS DE 20 min. EN PARADAS	53%	PORCENTAJE DE PERSONAS QUE REALIZAN VIAJES LARGOS EN TRANSPORTE PUBLICO	39%

Elaborado por: Benavides

En Sao Paulo la periferia del suelo es considerada como patrimonio natural, por lo que si esta presenta deterioro es sinónimo de un problema ambiental grave, lo que a su vez genera un mayor gasto económico dando prevalencia al ámbito económico antes que a la calidad de vida de los habitantes.

El usar métodos no destructivos o no tan invasivos en el sector de la construcción permite que inversionistas vean como una gran oportunidad usar nuevas tecnologías la Asociación Brasileña de Tecnologías no Destructivas (Abratt), menciona que este tipo de sistemas es

mucho más viable en comparación al sistema de apertura de zanjas no solo por los costos de inversión si no por los beneficios socio económicos que esto representa.

Es mucho más complejo para Brasil manejar costos en tecnologías sin zanja debido a las divisas que se manejan actualmente ya que se presenta un índice de inflación del 3.8% y el salario mensual oscila alrededor de los 2200 reales brasileños. Con su moneda Brasil tiene que tomar decisiones para realizar trabajos constructivos, ya que la parte económica en mano de obra de un albañil en Quito es de 25 dólares al día, lo que representaría en reales brasileños un equivalente a 40 dólares diarios.

Mediante esto es más complejo la toma de decisiones de métodos como mantenimientos o trabajos previos, y en la parte cultural una obra mediante apertura de zanja tradicional perjudica a la ciudad, da malestar a los ciudadanos y perjudica a las vías.

4.2. Entrevista a profesionales constructores sobre aplicación del método sin zanja en Quito.

Ing. Oswaldo Villacis: Con una trayectoria de alrededor de 22 años de experiencia trabajando en el campo de la ingeniería, ha realizado grandes proyectos civiles dentro y fuera de la ciudad de Quito, y ha participado en conjunto con empresas como la EPMAPS en reparación y mantenimiento de tuberías.

El ingeniero Oswaldo nos indica que la situación del mercado de las tecnologías sin zanja está condicionada al gran desconocimiento y escepticismo de los diseñadores y las empresas de servicios públicos. Nos cuenta que está a favor de los métodos tradicionales, debido a su simpleza en la aplicación, mano de obra calificada y menores costos en la aplicación.

En base a la entrevista el ingeniero considera algunas razones por las que nunca ha querido optar por las nuevas tecnologías sin zanja como la empresa REPIPE (Brasil), para reparación y rehabilitación de tuberías debido a algunos aspectos:

- En primer lugar, no se opta por estas nuevas tecnologías debido al desconocimiento de la materia en este tipo de metodologías, la geometría de la tubería y la dificultad en el proceso de verificación de calidad. En su conocimiento esta tecnología se aplicó recientemente para el centro histórico por temas de mantenimiento en la infraestructura, pero previo a esto, este tipo de tecnologías no se han tratado en la reparación de tuberías y mantenimiento.
- Desde su perspectiva indica que es una metodología mucho más costosa que el método tradicional, y en base a su experiencia la ciudad no estaría apta a tener este tipo de gastos para este tipo de obras.
- Esta tecnología es mucho más exigente y complicada con lo cual no habría una competitividad justa, ya que este tipo de métodos solo podrían ser realizados por expertos extranjeros en el tema, llegándose a dar una monopolización en este tipo de trabajos y contratos beneficiando a empresas internacionales, con lo cual no habría una competitividad en el mercado ecuatoriano.

Para finalizar Callejas (2018) informa que, a pesar del avance tecnológico aún no se logran llevar las directrices de manera adecuada por la deficiente comunicación con los directivos y la poca capacitación de los técnicos en el tema.

Ing. Marco Rolando Benavides Rodas: Ingeniero civil de la provincia del Azuay, es un profesional de 34 años de experiencia con especialización en hidráulica y sanitaria, ha

trabajado en proyectos de reparación y cambio de tuberías tanto sanitarias como hidráulicas y a su vez en sistemas pluviales.

En su experiencia nos cuenta que nunca ha tenido la oportunidad de trabajar con estas nuevas tecnologías CCTV - CIPP, pero está muy abierto a emplear este tipo de métodos sin zanja para evitar problemas en la vía y daños en la misma, con la mínima intervención en excavaciones. Estos métodos son eficientes por sus posibilidades de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, nos informa que estas tecnologías pueden ser mucho más costosas, pero tendrían una mayor factibilidad y no se daría la interrupción de trabajos en la calzada.

El ingeniero nos indica que las tecnologías sin zanja tienen un mayor potencial, pero también dependen de las circunstancias de cada proyecto. Las tecnologías nunca deben ser desechadas y más bien deberían ser aplicadas por sus grandes ventajas y beneficios, por lo cual las grandes empresas deberían invertir para poder traer las tecnologías al país, con esta tecnología se podrá ejecutar un proyecto en menor tiempo, con mejores costos a largo plazo y con un gran éxito en mantenimiento.

Las empresas expertas en tecnologías sin zanja examinan y localizan las conducciones con daños mediante métodos avanzados de robotización; tecnologías para la inspección, instalación y rehabilitación de conducciones tales como entubados, encamisados, perforación, micro túneles, tuberías, equipos CCTV, mangas CIPP, entre otros. Por lo cual él considera que tienen varias ventajas: cero ruidos, aire sin polvo, mantenimiento de la actividad local, seguridad de trabajadores y viandantes.

4.3. Viabilidad técnica de la exploración de tuberías por CCTV y reparación por CIPP.

El estudio de la viabilidad técnica para reparación de tuberías comprende la reparación de redes de alcantarillado generalmente en vías principales por zanja abierta, este método tradicional necesita interrumpir la circulación de vehículos generalmente en unos 4 o 5 días, alargándose a 2 semanas dependiendo de las condiciones del proyecto.

Debido a esto se presentan grandes conflictos y problemas a la ciudadanía, utilizando sistemas de CIPP tuberías poliméricas curadas in situ, es un trabajo con una probabilidad muy baja de tener conflictos durante la instalación.

La viabilidad técnica que se obtiene mediante Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) es una mejor perspectiva del problema, daños y estados de las tuberías. Mediante cámaras se obtienen imágenes reales del problema y se puede llegar a rehabilitar diámetros desde 150 a 1500 mm, con una longitud de inspección de hasta 300 metros de cable en cámaras.

El interior de la tubería debe ser cuidadosamente inspeccionado para determinar la condición de tuberías, esto se realiza mediante condiciones de bajo caudal; una vez realizado este proceso, se toman fotos a detalle de los desperfectos, deformaciones o cualquier otro tipo de falla.



Figura 33. Inspección de tubería mediante CCTV

Fuente: (RePipe, 2016)

Mediante esto se puede optar por la solución más adecuada, en algunos casos no es necesaria la reparación por CIPP, pero si el monitoreo de tuberías mediante CCTV para conocer el sitio exacto del problema y en base a eso analizar o no la necesidad de utilizar el sistema CIPP de rehabilitación o cualquier otro método simple de reparación con zanja.

A pesar de que las reparaciones tradicionales son viables, estas generalmente requieren sondear la zona afectada por filtraciones o cualquier otro problema presentado en la vía y realizar una exploración invasiva trabajando en un perímetro del área donde no necesariamente puede erradicar en esa zona el problema.

Las tuberías polimerizadas in situ (CIPP) crean un recubrimiento y brindan una nueva vida a la tubería, su rapidez en la ejecución de trabajo representa un menor tiempo de obra, y la tubería necesita pocos mantenimientos a comparación de las normales. Esta tecnología no perjudica los diseños previos y la mínima pérdida de diámetro esta compensada por la pérdida de fricción del agua. Es factible aplicar las tecnologías CCTV y CIPP ya que no presentan elevados costos.

Una tubería rehabilitada con CIPP es mucho más resistente a las tuberías de hormigón normal, presenta mayor flexibilidad y los años de vida útil son mayores, este método no perjudica a la vía, no paraliza la circulación de vehículos y no presenta daños al medio ambiente.

El método CIPP no es viable cuando se necesita una ampliación de diseño, por ejemplo, al reemplazar una tubería por una más grande, esta metodología no sirve ya que no sería factible.

4.4. Viabilidad de costos de la exploración de tuberías por CCTV y reparación por CIPP.

4.4.1. Costos por el método tradicional.

Para el análisis de costos entre ambas metodologías, se ha tomado en consideración un mismo caso hipotético, el cual se obtuvo de una zona bastante común en la ciudad de Quito. A fin de llegar a determinar cuál de los dos métodos es más económico y los beneficios que presentan cada uno.

En el primer caso como se detalla a continuación, en una reparación a través de zanja se requiere perfilar el pavimento para proceder con la rotura y excavación por medio de maquinaria hasta la cota de la actual tubería afectada, una vez en este nivel se procede al cambio de la tubería dañada, una vez verificado la correcta instalación se procede a la cobertura de la tubería de una manera técnica, con el material adecuado para evitar nuevos daños en el proceso de compactación y pavimentación de la zanja, hay que tener en cuenta que por el proceso requerido hay que tener mucho cuidado con la maquinaria y con el polvo generado el cual afecta a los vecinos y transeúntes.

Se tiene que cerrar las vías afectadas por lo que se debe realizar un plan de gestión para el tráfico con vías opcionales para evitar en la generación de congestión en el sector, igualmente existirán locales comerciales afectados en el proceso por lo que es importante tener un plan de gestión social para este caso.

Tabla 9. Costo de excavación de zanjas (método tradicional)

PRESUPUESTO GENERAL DE LA OBRA							
OBRA:		REPARACION DE TUBERIA CON ZANJA					
UBICACIÓN:		Llano Chico					
FECHA:		Junio de 2021					
RUBRO.	CODIGO	N.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1			OBRA CIVIL				
1,1			INSTALACIÓN				
			INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC				
1,1,1	3		PERFILADA DE PAVIMENTO RIGIDO HS EN CALLE	m1	1478,78	3,69	5.456,70
1,1,2	4		ROTURA DE PAVIMENTO RIGIDO EN CALLE DE E = 0.20M, CON BOB - CAT.	m2	554,54	22,31	12.371,84
1,1,3	6		EXCAVACIÓN A MAQUINA HASTA 2.00M DE PROFUNDIDAD (SPT MENOR O IGUAL A 50)	m3	610,00	3,58	2.183,79
1,1,4	8		EXCAVACIÓN EN ROCA CLASE A (RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE MENOR O IGUAL A 80 KG/CM2 RQD MENOR O IGUAL A 12.5%)	m3	60,00	29,02	1.741,20
1,1,5	9		INSTALACIÓN DE TUBERÍA MATRIZ DE PEAD DE D=160MM (INCLUYE CINTA OLITAS).	m1	60,00	5,70	342,00
1,1,6	12		INSTALACIÓN DE TUBERÍA MATRIZ DE PEAD DE D=200MM (INCLUYE CINTA OLITAS).	m1	739,39	33,83	25.013,56
1,1,7	13		REPLANTILLO CON ARENA	m3	55,45	21,64	1.200,03
1,1,8	20		BLOQUE DE ANCLAJE DE HS F'C=280 KG/CM2	m3	1,62	198,85	322,14
1,1,9	21		RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO	m3	610,00	17,47	10.656,64
1,1,10	22		DESALOJO DE MATERIAL DE 10.01 KM A 15 KM (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	670,00	11,17	7.483,86
1,1,11	23		MATERIAL DE SUB-BASE CLASE I (COMPACTADO - PAVIMENTO RIGIDO).	m3	221,82	38,94	8.637,55
1,1,12	27		REPOSICIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO DE 4,5 MPA MOD ROT FLEX PARA ABRIR TRAFICO A LOS TRES DIAS	m3	110,91	252,04	27.953,38
2			MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FACTORES AMBIENTALES				
2,1			SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALIZACIÓN				
			COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FÍSICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACIÓN DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL DE INTERAGUA	global	1,00	1.850,00	1.850,00
2,2			RUBROS AMBIENTALES				
2,2,1	40		CONTROL DE POLVO (AGUA)	m3	300,00	3,46	1.038,00
						TOTAL	106.250,7

Elaborado por: Benavides

4.4.2. Costos por el método sin zanja aplicado en Llano Chico de la ciudad de Quito.

Para el mismo caso por un método moderno sin zanja lo que se requiere en inicio es de personal capacitado para el manejo de los equipos necesarios y los materiales empleados en el proceso, previamente antes de realizar la reparación se tiene que hacer una inspección por medio de las cámaras de circuito cerrado de televisión para medir el daño y las secciones mas afectadas de la tubería y reconocer la viabilidad de este tipo de arreglo, posterior a este proceso se genera un plan de reparación que se realizara por secciones entre

pozos y preparamos las mangas de tubería de acuerdo a los diámetros y longitudes necesarias, una vez tapada la red matriz y con la tubería a reparar despejada se procede a bombear la manga de reparación para la tubería hasta los siguientes puntos, una vez finalizado el proceso de polimerización se realiza una nueva inspección para comprobar que la reparación haya concluido de manera satisfactoria, se finaliza el proceso sin necesidad de obstaculizar el tráfico ni afectaciones a vecinos, transeúntes o comercios.

Tabla 10. Costo de reparación por CIPP (método sin zanja)

PRESUPUESTO GENERAL DE LA OBRA							
OBRA:		REPARACION DE TUBERIA CON ZANJA					
UBICACIÓN:		Llano Chico					
FECHA:		Junio de 2021					
RUBRO	CODIGO	N	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1			TRABAJOS PREVIOS				
1,1			INSPECCION CCTV DE COLECTORES DESDE 450 MM HASTA 750 MM INCLUYE DOCUMENTACION	ml	1478,78	4,43	6.551,00
1,2			LIMPIEZA MECANICA DE COLECTOR	día	4,00	132,58	530,32
2	3		OBRA CIVIL				-
1,1,2	4		REHABILITACIÓN DE COLECTOR POR CIPP				-
1,1,3	6		PREPARACION DEL SITIO, REPLANTEO DE LA OBRA PARA INSTALACION DE TUBERIAS	ml	1478,78	0,29	428,85
1,1,4	8		ELABORACION DE PLANOS AS BUILT	u	1,00	174,64	174,64
1,1,5	9		PLANOS DE ESQUINEROS PARA AA.PP. (INCLUYE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y DIBUJO)	u	17,00	7,57	128,69
1,1,6	12		PROVISION E INSTALACION DE IN LINER (CIPP) DE 500MM	ml	1478,78	374,00	553.063,72
1,1,7	13		INSPECCION CCTV DE COLECTORES DESDE 450 MM HASTA 750 MM INCLUYE DOCUMENTACION	ml	1478,78	4,43	6.551,00
1,1,8	20		TAPONAMIENTOS DE RED MATRIZ	Unidad	2,00	4.000,00	8.000,00
1,1,9	21		BOMBEO DE D=4" .	día	3,00	54,51	163,53
1,1,10	22		BOMBEO DE D=3" (HORARIO NOCTURNO)	día	3,00	50,53	151,59
1,1,11	23		ALQUILER DE BOMBA SUMERGIBLE DE 6" ELECTRICA DE 15-20KW (NO INCLUYE GENERADOR)	hora	24,00	10,00	240,00
1,1,12	27		ALQUILER DE GENERADOR DE 100 KW	día	3,00	608,00	1.824,00
	28		TUBERIA PROVISIONAL PARA BOMBEO 200MM	ml	50,00	7,31	365,50
			Rehabilitación de cámaras				-
			REHABILITACIÓN DE CAMARAS H< 2,50 m	Unidad	12,00	900,00	10.800,00
			REHABILITACIÓN DE CAMARAS 2,50<H< 3 m	Unidad	2,00	1.200,00	2.400,00
			REHABILITACIÓN DE CAMARAS H> 3 m	Unidad	0,00	2.000,00	-
			DISPOSICIÓN DE DESALOJOS EN RELLENO	Ton	4,00	4,66	18,64
2			MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FACTORES AMBIENTALES				-
2,1			SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALIZACIÓN				-
2,1,1	38		COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FÍSICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACIÓN DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL DE INTERAGUA	global	1,00	555,00	555,00
2,2			RUBROS AMBIENTALES				-
						TOTAL	591.946,5

Elaborado por: Benavides

Como se ha mencionado a lo largo de la investigación el método denominado “sin zanja” presenta diversos beneficios en este caso el económico se resalta notablemente, ya que financieramente al analizar el mismo caso hipotético en Llano Grande de la ciudad de Quito al aplicar el método analizado este representa \$485.695,80 más que el método tradicional, realmente genera otros beneficios.

4.5. Viabilidad financiera de la exploración de tuberías por CCTV y reparación por CIPP.

Las serias deficiencias que presenta el sistema de movilidad en la ciudad de Quito tienen una tendencia a complicarse a medida que pasa el tiempo la saturación vehicular, el incremento de tiempo de viajes, la insatisfacción ciudadana y la fluidez son los problemas que debe enfrentar la agencia de tránsito y el departamento de planificación.

Además de lo mencionado a esto hay que agregarle las reparaciones y rehabilitación de tuberías con zanja, lo cual hace que el problema se convierta en más grave, por lo que la propuesta de la implementación y aplicación de esta metodología ayudaría de gran manera al caos vehicular existente.



Figura 34. Bloqueo de vía por reparación de tubería con zanja

Fuente: (IngeCivil, 2018)

Estos trabajos generan mucho polvo al usar maquinaria que afectan los hogares dañando ventas y salud de las personas, aumentan el consumo de combustible debido a las distancias recorridas al cerrar una vía. Las tecnologías sin zanja no producen pérdidas económicas y financieras ya que la gente no se ve afectada, mediante reparaciones y rehabilitaciones de tuberías con CIPP se evita dejar baches, cierres y problemas en la vía, con esto los negocios no generan pérdidas de ingresos al cerrar la circulación de vías y veredas.

Al no cerrar las vías por mantenimiento de tuberías no se interrumpe la circulación peatonal y vehicular, también se evitan desgastes en la capa de rodadura que a la final repercuten en gastos para las personas que cuentan con vehículos propios y también el transporte público.

Una reparación mediante CIPP y CCTV a pesar de ser más cara, a largo plazo representa una mejor opción debido a que el mantenimiento sería un costo mucho menor; mediante CIPP se toma 10 años para que las tuberías deban ser mantenidas, en cambio mediante apertura de zanjas las tuberías requieren mantenimiento cada 5 años.

Varios sectores son dependientes de la red de carreteras con ventajas de inversión imponentes en vehículos, petróleo, comida, logística, etc. Cuando las distancias se acortan gracias a la mejora circunstancial de las infraestructuras y de transporte, la dispersión de las actividades económicas (industria y servicios) se facilita, pues se los costos de transporte disminuyen y amplían la movilidad del usuario.

4.6. Viabilidad ambiental de la exploración de tuberías por CCTV y reparación por CIPP.

En la actualidad enfrentamos un crecimiento inquebrantable en el área urbana, lo cual recae en un gran número de obras para alcanzar infraestructuras necesarias, no obstante, esto involucra problemáticas que son cada vez más evidentes tales como la congestión en el tráfico, contaminación generada por el polvo y ruido a diferentes horas del día y los posibles daños a construcciones existentes.

Un tópico preocupante es el de la contaminación. De acuerdo con un estudio del FONAG (Fondo para la Protección del Agua), actualmente el cantón produce 0,72 kg/Hab/día (0,75 ciudad y 0,56 la zona rural), el peso de desechos bajo la recolección de la Empresa Metropolitana de Aseo es de 1.172 Ton/día.

Cuando se trata de las obras públicas por arreglo de las calles, veredas, túneles cunetas etc., estas inducen contaminación acústica de forma directa a los moradores del sector produciendo perturbación de ruidos que son emitidos por las maquinarias de construcción en funcionamiento y los vehículos de transporte terrestre de carga en movimiento.

Tabla 10. Niveles de ruido

NIVELES DE RUIDO PRODUCIDOS POR MAQUINARIAS EN LA CONSTRUCCION	
EQUIPO	DECIBELIOS
Martillo neumático	112
Perforador neumático	105
Sierra de cortar concreto	100
Sierra industrial	100
Soldador	101
Bulldozer	95
Rodillo neumático	95
Grúa	95
Martillo	92
Niveladora	93
Cargador de tractor	92
Retroexcavadora	93
Volqueta	92

Fuente: (Isabel & Elizabeth, 2014)

Tabla 11. Nivel de ruido en DB

No. Horas de exposición	Nivel del sonido en DB
8	85
4	90
2	95
1	100
0,25	110
0,125	115

Fuente: (Isabel & Elizabeth, 2014)

Los sonidos más intensos proceden de diversas fuentes como: industrias, tráfico de vehículos, construcciones y eventos. Debido a esto el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) ha expandido la normativa sobre los límites permitidos de niveles de ruido ambiental:

Tabla 12. Niveles máximos de ruido

TIPO DE ZONA SEGUN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESION SONORA EQUIVALENTE NPS dB	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
	Zona hospitalaria y educativa	45
Zona residencial	50	40
Zona residencial mixta	55	45
Zona comercial	60	50
Zona comercial mixta	65	55
Zona industrial	70	65

Fuente: (Ministerio del Ambiente, s.f)

Quito al ser una ciudad muy concurrida necesita de reparaciones y mantenimientos viales muy constantemente, las reparaciones tradicionales con zanja presentan contaminación ambiental mediante el proceso de excavación y perforación generando gases tóxicos y polvo produciendo gran contaminación en el entorno afectando a la salud de las personas que viven en un radio del proyecto. Es por esto por lo que los trabajadores no están expuestos solamente al ruido producido por su trabajo sino también a gases ambientales o de fondo proveniente de otras actividades efectuadas en la obra.

La gran cantidad de maquinaria que funciona con motor diésel supone una fuente considerable de emisiones de partículas en suspensión mediante retroexcavadoras, volquetas, bacheo, compactadora y demás maquinarias que emiten gases por hora.

Tabla 13. Impacto ambiental mediante uso de maquinaria

CONTAMINACION AMBIENTAL POR USO DE MAQUINARIA			
MAQUINARIA	CONTAMINACION	MAQUINARIA	CONTAMINACION
Excavadora	Emisión de gases (Dióxido de carbono CO2, dióxido de nitrógeno) Partículas en suspensión (polvo)	Volquetas	Emanación de gases, contaminación de suelo por derrame de combustible Contaminación del aire
Retroexcavadora	Emisión de gases (Dióxido de carbono CO2, dióxido de nitrógeno) Partículas en suspensión (polvo)	Compactadora	Emisión de gases (CO2, NO2) Vibraciones
Tractor	Emisión de gases (Dióxido de carbono CO2, dióxido de nitrógeno, óxido nítrico) Partículas en suspensión (polvo)	Motoniveladoras	Contaminación del aire Contaminación del suelo
Cargadoras	Emisión de gases (Dióxido de carbono CO2, dióxido de nitrógeno, óxido nítrico) Partículas en suspensión (polvo)	Fresadora	Contaminación de suelo por derrame de combustible Contaminación del aire
Asfaltadora	Emanación de gases, contaminación de suelo por derrame de combustible Contaminación del aire	Martillos compactadores	Emisión de gases (CO2, NO2) Vibraciones

Fuente: (Ruiz & Núñez, 2016)

El sistema CCTV y CIPP disminuyen en un 70 u 80% las emisiones de gases, polvo y ruido comparado al método tradicional. Esta tecnología sin zanja reduce el volumen de movimiento de tierras y de material de sustitución, producen un ruido mínimo mediante el vapor para el proceso de polimerización de la tubería, pero aun así los decibeles son muy bajos a comparación del uso de maquinaria en zanja abierta beneficiando también a la flora y fauna de la zona.

4.7. Viabilidad institucional de la exploración de tuberías por CCTV y reparación por CIPP.

La Alcaldía Metropolitana de Quito en el año 2019 invirtió 43 millones de dólares en el proceso de repavimentación, el valor fue definido en función de los precios vigentes de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) y también los precios de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) en base a las características geométricas, estado y condición de las vías.

Al invertir dinero en infraestructura urbana en la ciudad de Quito se espera que esta tengan una larga durabilidad; en el caso del sistema de abastecimiento de agua potable y de sanitación la entidad encargada es la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) en el Distrito Metropolitano de Quito; entre las diversas actividades que esta realiza está la ejecución de obras, adquisición de equipos, operación y mantenimiento de los sistemas, gestión administrativa, comercial y financiera de los sistemas ya mencionados (EPMAPS, 2015).

Para esto, la empresa pública opta por la rotura de pavimentos en lugares donde hubiese necesidad de ello mediante el uso de zanja abierta para después, volver a la etapa de reposición de la capa de rodadura reconstruyendo el mismo pavimento. Al usar esta metodología los costos programados para la repavimentación a largo plazo serán mucho mayores y la ciudadanía no estaría conforme pagando aún más de lo establecido, con lo cual el uso de métodos por CCTV y CIPP en tecnologías sin zanja son mucho más viables para la ciudad.

Tabla 14. Inversión en repavimentación vial en la ciudad de Quito

PLAN DE REPAVIMENTACION VIAL INICIAL (COSTOS POR PROGRAMA)		
SECTOR	NOMBRE DEL PROCESO	INVERSION INCLUIDO IVA (USD)
Sur (36,9 km)	Repavimentación Vial Asfáltica fase I	17,175,796.78
Norte (34,01 km)		8,504,546.46
Corredores	Pavimento rígido en vías: Rehabilitación vial de carriles exclusivos de trolebus Sur tramo I, corredor central Norte y av. El Inca	8,347,982.22
Vías Pav. Rígido (9,8 km)		
Sur (32,8 km)	Repavimentación Vial Asfáltica programa I (Sector Sur)	8,444,533.91
VALOR TOTAL		42,472,859.37

Fuente: (EPMMOP, 2019)

Los costos totales de repavimentación en la ciudad de Quito son muy altos y debido a esto la ciudad necesita optar por las metodologías sin zanja. Las empresas que deberían ser las encargadas en este tipo de reparaciones son la EPMAPS y los subcontratistas de esta entidad en Quito, pero para este tipo de instituciones los sistemas CCTV y CIPP en reparación, rehabilitación y mantenimiento de tuberías pueden no ser tan viables en el momento de la operación debido a que los costos serían muy elevados en este tipo de trabajo, pero es viable a largo plazo por los mantenimientos, reparaciones y por la imagen institucional de la ciudad.

Estos sistemas también se imponen no solo por los costos, sino también por el bienestar de los ciudadanos, ya que con esto se evita crear conflictos vehiculares y perjudicar a las personas que transitan por la zona.



Figura 35. Rehabilitación de un tramo de tubería mediante apertura de zanja y CCTV

Fuente: (Ortega Á. , 2015)

Generalmente cuando el gobierno necesita realizar un mantenimiento de tuberías subterráneas, deterioro o daños en las vías, las empresas encargadas en este tipo de reparaciones se demoran mucho tiempo para poder atender problemas de esta índole en un tiempo de 3 a 4 años, pero al hacer este tipo de mantenimientos las demoras son mucho mayores debido a que las vías cada vez se expanden representando diferentes costos para el gobierno.

Las tecnologías sin zanja no solo están ligadas a tuberías de agua, también pueden ser utilizadas en empresas petroleras ya que estas entidades también se verían afectadas debido al uso de oleoductos, poliductos, gaseoductos los cuales utilizan tuberías para la conducción de petróleo desde el lugar de producción al desembarque. La empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador (PETROECUADOR) encargada de la explotación de petróleo, requiere de técnicos para mantenimientos preventivos y así evitar rupturas y derrames de productos a lo largo del trayecto de las tuberías.

En el caso ecuatoriano la exportación del petróleo representa el 35% del Presupuesto General del Estado, Ecuador produce unos 500.000 barriles diarios de crudo, un 60% de los cuales pertenece al Estado (Hora, 2008).

Estas actividades al ser tan importantes para el país no pueden tener un desabastecimiento de combustible debido a los cambios o rehabilitaciones en las tuberías. Mediante las tecnologías CCTV – CIPP se puede lograr una inspección interna de tuberías utilizando cámaras de video que pueden monitorear constantemente la situación de los poliductos y alertar en caso de que exista alguna irregularidad; Así, las empresas petroleras se verían más beneficiadas debido al uso de esta tecnología ya que en estas actividades no se requiere el aumento de diámetros en las tuberías y se mantienen con el tiempo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

La reparación de tuberías por sistemas de polimerización in situ es una solución técnicamente viable para la preservación de las inversiones realizadas en la recuperación de calidad de vías en la ciudad de Quito, para evitar el deterioro que las reparaciones tradicionales generan en estas, además del descontento social por las reinversiones necesarias que se observan a simple vista.

Las reparaciones sin zanja son amigables con el entorno ambiental y social, además de su velocidad para solucionar estos problemas y una logística centrada sin afectar a terceros, así mismo esta metodología solo puede ser aplicada por profesionales que cuenten con la experiencia y maquinaria necesaria.

En los casos de estudio en los que se realizó este tipo de reparaciones se obtuvo resultados positivos, dada las dificultades omitidas que se hubiesen generado por métodos tradicionales, como la destrucción de la obra civil existente y la reconstrucción de esta.

Actualmente para la aplicación en la ciudad de Quito es un proceso económicamente viable, mas no financieramente viable debido al gran incremento de presupuesto en comparación con la reparación a través de un método tradicional o método con zanja, el mayor beneficio para la aplicación de este método sería en zonas históricas o cuyo cierre de vías generen un impacto social muy fuerte.

5.2. Recomendaciones.

Es de vital importancia que las autoridades de la ciudad de Quito tomen en cuenta una implementación de una nueva metodología para la reparación de tuberías, además de ampliar su perspectiva y acoplarse a los desarrollos tecnológicos que son más eficientes y amigables.

Entre las diversas ventajas que presenta la metodología sin zanja esta la disminución del tráfico que en la actualidad es una problemática que tiene la atención de las autoridades de la ciudad de Quito, además de la gran diferencia de costos que tienen los dos métodos analizados a lo largo de la investigación.

Otros de los puntos a favor que muestra la metodología CIIP son los resultados favorables arrojados en otras partes de América Latina.

2 Bibliografía

Amparo, E. T. (2018). *Contaminación acústica causada por los medios de transporte, perjudica el derecho constitucional del buen vivir de los residentes de la zona de santa clara de Distrito Metropolitano de Quito*. Quito.

Andesco. (10 de Julio de 2012). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/andesco/1-tecnicaay-aluisguillermomaldonadoictis>

ANDRÉS-DOMÉNECH, I. (2014). *Alcantarillado Pluvial*. Valencia.

Arequipa, A. (2010). *Construyendo Seguro [Fotografía]*. Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-propietarios/excavacion-de-zanjas>

Arteaga, N. (2010). Video- vigilancia del espacio urbano: tránsito, seguridad y control social. *Revista Andamios*.

ASTM F1743, I. (2017). *Práctica estándar para rehabilitación de tuberías y conductos existentes mediante instalación extraída In-Situ de resina termoendurecible*. West Conshohocken.

Avila, G. A. (2019). *ANÁLISIS DE LAS NORMATIVAS PARA DIAGNÓSTICOS DE REDES DE*. Samborondón.

Callejas, J. E. (2018). *Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías sin Zanja en Colombia*. Colombia.

Callejas, J. E. (2018). Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías Sin Zanja en Colombia. 38. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bzJ321dkCZ0J:https://repositorio.eafit.edu.co/handle/10784/13211+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>

Callejas, J. E. (2018). Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías Sin Zanja en Colombia. En J. E. Callejas, *Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías Sin Zanja en Colombia* (pág. 38).

CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA. (14 de Marzo de 2017). Norma de construcción para renovación de tubería de acueducto y alcantarillado sin zanja con el método Close Fit Slip Lining. Medellín, Colombia.

Chávez Pullas, V. N. (2014). *Plan de rehabilitación de las tuberías matrices y pozos de inspección de alcantarillado de la subcuenca alta del colector Sucre - Sector Centro Histórico de Quito*. Quito.

CORTES, J. J. (2015). *EL CRECIMIENTO URBANO DE LAS CIUDADES: ENFOQUES DESARROLLISTA, AUTORITARIO, NEOLIBERAL Y SUSTENTABLE*.

Echeverry, V. (2020). *360enconcreto*. Obtenido de 360enconcreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion>

EPA. (1999). *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1009DHM.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995%20Thru%201999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFiel>

EPA, (. P. (1999). *Folleto informativo de operación y mantenimiento del alcantarillado (Limpieza e inspeccion de tuberías)*. Washington, D.C.

epm TÉCNICA, C. D. (14 de Marzo de 2017). Norma de construcción para renovación de tubería de acueducto y alcantarillado sin zanja con el método Close Fit Slip Lining. Medellín, Colombia.

EPMAPS. (Diciembre de 2015). *aguaquito*. Obtenido de aguaquito:
https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/buen_gobierno_baja.pdf

EPMMOP. (2019). *gobiernoabierto.quito.gob.ec*. Obtenido de gobiernoabierto.quito.gob.ec:
<http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/quitoparticipa/dmq/Informe%20Repavimentacion%20EPMMOP%20ASAMBLEA%20QUITO.pdf>

Espinoza, G., Mareike, P., Otterpohl, R., Paredes, J., Zambrano, R., & Gonzales, L. (2015). Evaluación de las infiltraciones al sistema de drenaje mediante analisis comparativo de la concentración de contaminantes en agua residual, estudio de caso en Tepic. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 89-98.

Garayar, J. C. (2015). *Análisis comparativo entre el método Pipe Bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe*. Lima.

GSC. (8 de Mayo de 2019). *gscservicios.es [Fotografía]*. Obtenido de
<https://www.gscservicios.es/noticias/ventajas-inspeccion-tuberias-camara-cctv/>

Guerra, L. (Marzo de 2016). *quito.gob.ec*. Obtenido de quito.gob.ec:
http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2016/Sesi%C3%B3n%20Ordinaria%202016-08-11/VIII.%20Soluci%C3%B3n%20Guayasam%C3%ADn/4.%20CONTRACTUAL/5.%20Informes%20de%20Viabilidad%20de%20la%20oferta/2%20Informe%20economico.pdf

- Hora, L. (12 de Febrero de 2008). *lahora.com.ec*. Obtenido de *lahora.com.ec*:
<https://lahora.com.ec/noticia/680959/petroecuador-suspende-operacin-de-oleoducto-por-mantenimiento-de-la-tubera>
- IngeCivil*. (10 de Octubre de 2018). Obtenido de *IngeCivil*:
<https://www.ingecivil.net/2018/08/10/para-que-sirve-el-alcantarillado-pluvial/>
- INSITUFORM. (2018). *Nuestra solución sin zanjas*. Madrid.
- Isabel, A. Z., & Elizabeth, M. T. (2014). *Factores de riesgo (ruido, iluminación) del entorno laboral en unidades de docencia, investigación y vinculación*. Calceta.
- Jiménez, J. P. (2014). *Diagnostico del sistema de alcantarillado pluvial del tramo de ruta nacional 228 en Cartago*. Cártago.
- JODAR, E. I. (7 de Octubre de 2015). *Excavacionesjodar [Fotografía]*. Obtenido de
<http://www.excavacionesjodar.com/portfolio/proyecto-excavacion-zanja-en-terno/>
- Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (1997). *ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS*. Naupalcan de Juárez.
- Lago, C. L. (2012). *Organización y desarrollo del montaje de tuberías*. Andalucía: INNOVACION Y CUALIFICACION, S.L.
- Laurido, L. J. (2016). *Ventajas y desventajas entre el metodo tradicional (con zanja) y el metodo moderno (sin zanja) en la rehabilitación del alcantarillado en la ciudad de Guayaquil (caso comercial)*. Guayaquil.

LOZA, I. A. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCION Y COMERCIALIZACION DE DEPARTAMENTOS EN EL SECTOR NORTE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito.

Manta), E. (. (s.f.). *Compras Publicas*. Obtenido de www.compaspublicas.gob.ec

Martínez, O. J. (2019). *ANÁLISIS TÉCNICO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA, SISTEMA PIPE BURSTING vs SISTEMA A ZANJA ABIERTA PARA RENOVACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO*. Bogota.

Mazzini Mite, N. R., & Torres Ortiz, C. R. (2015). *Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de alcantarillado sanitario del sector Urdesa, en la ciudad de Guayaquil* . Guayaquil.

Ministerio del Ambiente, a. y. (s.f de s.f de s.f). *ambiente.gob.ec*. Obtenido de ambiente.gob.ec:
<https://www.ambiente.gob.ec/hoy-ecuador-le-dice-no-al-ruido/>

Movilidad, S. d. (30 de Octubre de 2014). *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de Municipio del Distrito Metropolitano de Quito:
<http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>

Nathalie, H. R., & Andrés, T. (2020). *Gestión patrimonial de alcantarillados*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Ortega, A. (04 de Mayo de 2015). *Canales sectoriales - Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/136658-Las-Tecnologias-Sin-Zanja-permiten-avanzar-en-el-desarrollo-de-las-Ciudades-Inteligentes.html>

Ortega, A. (04 de Mayo de 2015). *Interempresas.net*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/136658-Las-Tecnologias-Sin-Zanja-permiten-avanzar-en-el-desarrollo-de-las-Ciudades-Inteligentes.html>

Ortega, Á. (04 de Mayo de 2015). *interempresas.net*. Obtenido de [interempresas.net: https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/136658-Las-Tecnologias-Sin-Zanja-permiten-avanzar-en-el-desarrollo-de-las-Ciudades-Inteligentes.html](https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/136658-Las-Tecnologias-Sin-Zanja-permiten-avanzar-en-el-desarrollo-de-las-Ciudades-Inteligentes.html)

Ortega, M. d. (7 de Abril de 2014). *Canales Sectoriales Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/121692-Reparacion-rehabilitacion-y-renovacion-de-redes.html>

Piqueras, V. Y. (2016). <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/12/10/apertura-de-zanja-en-la-instalacion-de-tuberias/>. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/12/10/apertura-de-zanja-en-la-instalacion-de-tuberias/>

Ramírez, A. (2010). *Repositorio de la Universidad de los Andes*. Obtenido de [https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14492/u419348.pdf?sequence=](https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14492/u419348.pdf?sequence=1)

1

RePipe. (2016). *RePipe (sistemas nã destrutivos)*. Obtenido de <https://www.repipe.com.br/>

- RePipe. (2021). *RePipe (sistemas não destrutivos)*. Obtenido de <https://www.repipe.com.br/a-repipe/>
- Rimachi, N. I. (26 de Junio de 2017). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/NICOLASISRAELESTRADA/tecnologa-sin-zanja>
- Rodriguez, C. (2016). *HIDROTEC*. Obtenido de <https://www.hidrotec.com/blog/inspeccion-de-tuberias-urbanas-mediante-camara-tv/>
- Rodríguez, J. (7 de Agosto de 2019). *la.network*. Obtenido de [la.network: https://la.network/brasil-qui-ere-un-17-mas-usuarios-en-el-transporte-publico/](https://la.network/brasil-qui-ere-un-17-mas-usuarios-en-el-transporte-publico/)
- Ruiz, J. S., & Núñez, H. D. (2016). *Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción*. Bogotá.
- S.A., R. (s.f.). *riusa.net [Fotografía]*. Obtenido de <https://riusa.net/alquiler-de-zanjadoras-en-cantabria/>
- Santos, R. C. (s.f.). *Revista M&T*. Obtenido de *Revista M&T*: <https://www.revistamt.com.br/Conteudo/Exibir/metodo-no-destrutivo>
- Saracibar, D. F., Gárate, D. A., Antón, D. J., Vázquez, D. G., Gonzalez, D. D., & Bernal, D. A. (2012). *Seguridad en los trabajos en zanjas*. OSALAN.
- Saracibar, F. J., & Gárate, A. G. (2012). *Seguridad en los trabajos en zanjas [Fotografía]*. Bizkaia: OSALAN.
- Secretaría de Movilidad. (30 de Octubre de 2014). *gobiernoabierto.quito.gob.ec*. Obtenido de [gobiernoabierto.quito.gob.ec: http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf](http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf)

Segura, A. S. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. Mexico D.F: ISBN 970.

Segura, A. S. (2009). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. Ciudad de Mexico: ISBN 970-18-5963-4.

Tracto-Technik. (22 de Octubre de 2016). *interempresas.net*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Mineria/Articulos/163554-La-ciudad-del-futuro-estara-basada-en-Tecnologias-SIN-Zanja.html>

Villalobos, I. D., & Kauvert, I. D. (2017). *DEPENDENCIAS: UE PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (PAPS) Y DIRECCION RECOLECCION Y TRATAMIENTO GAM*. Medellín.