



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TÍTULO:
EVALUACION DE UN SISTEMA NO CONVENCIONAL
PARA LA REHABILITACION DE UNA RED DE
ALCANTARILLADO SANITARIO**

**TRABAJO DE TITULACION QUE SE PRESENTA COMO
REQUISITO PARA EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:
ROBERTO ARTURO ARBOLEDA GUILLEN**

**NOMBRE DEL TUTOR:
ING. MARIO GARCIA**

SAMBORONDÓN, ENERO 22 DE 2018

DEDICATORIA

A mis padres quienes han estado siempre a mi lado, con su preocupación y deseo que siempre vaya por el camino correcto.

AGRADECIMIENTO

A mi tutor, el Ing. Mario García quien es quien me guio desde la selección del tema, por eso y por cada reunión realizada con observaciones y comentarios, gracias.

Un agradecimiento especial a la Ing. Nela León, quien trabaja en la empresa pública de agua potable la cual me brindo gran parte de los datos usados en esta investigación.

RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad evaluar el un método no convencional para la rehabilitación de una de red de alcantarillado sanitario de una ciudad, con el propósito de determinar la factibilidad de este para su aplicación en el Ecuador y así ser una alternativa ante la típica rehabilitación que es mediante la excavación de una zanja para luego reemplazar la o las piezas dañadas.

El método que se evalúa es conocido como Manga Curada y revestida en sitio (CIPP) y debido a que emplea equipos no se encontraban en el país hasta hace unos meses atrás, y esto es ya que en Guayaquil, se está realizando actualmente la rehabilitación de la red de alcantarillado sanitario de la zona sur de la ciudad, adjudicada por la empresa de agua potable EMAPAP a una constructora Alemana, pero esta decisión ha sido tomada sin previo estudio que compara precios entre la rehabilitación tradicional y la no convencional.

Debido a ello se realiza en este trabajo la evaluación en aspectos técnicos, ambientales y económicos para ser comparada con la rehabilitación tradicional y poder tener información real que cualquier institución pueda analizar, para tomar la decisión si emplear o no este método

Los resultados obtenidos son satisfactorios en cuanto a la información que muestra que la rehabilitación de una red de alcantarillado sanitario no esta fuera del alcance económico de las instituciones

ÍNDICE GENERAL

1	Capítulo I: Bases De La Investigacion	1
1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Delimitación de la investigación	2
1.3	Objetivo general y específicos	5
1.3.1	Objetivo general	5
1.3.2	Objetivos específicos	5
1.4	Justificación	6
2	Capítulo II: Marco Teórico	8
2.1	Aspectos técnicos	8
2.1.1	Aguas servidas	8
2.1.2	Caudal de las aguas servidas:	8
2.1.3	Red de alcantarillado sanitario	8
2.1.4	Componentes de red de alcantarillado sanitario	9
2.1.5	Características de los componentes	10
2.1.6	Diámetro	11
2.1.7	Profundidad	11
2.1.8	Vida útil de materiales	12
2.1.9	Fallas en el sistema de alcantarillado sanitario	12
2.1.10	Rehabilitación de red mediante método tradicional	17
2.1.11	Procedimientos	19
2.1.12	Rehabilitación de red sin apertura de zanja	23
2.1.13	Sustitución de tubería	23
2.1.14	Tipos de métodos	25
2.1.15	Rehabilitación mediante tubería revestida y curada en sitio	28
2.1.16	Maquinarias	30

2.1.17	Revisión de red	34
2.1.18	Compuesto tubular	34
2.1.19	Curado	35
2.2	Aspectos ambientales	38
2.2.1	Estudio de impacto ambiental para obras civiles	38
2.2.2	Etapas de análisis	39
2.2.3	Preparación del terreno	40
2.2.4	El trazo	41
2.2.5	La excavación	41
2.2.6	Materiales requeridos	41
2.2.7	Requerimientos	42
2.2.8	Consumo de agua	44
2.2.9	Consumo de electricidad	44
2.2.10	Consumo de combustible	45
2.2.11	Residuos y emisiones generadas	45
2.2.12	Tierra	46
2.2.13	Líquida	47
2.2.14	Gaseosa	47
2.2.15	Olores	48
2.2.16	Restauración del sitio	48
2.3	Aspectos económicos	48
2.3.1	Costos	48
2.3.2	Costos indirectos:	49
2.3.3	Costos directos	50
2.3.4	Presupuestos	50
2.3.5	Análisis unitarios	51
2.3.6	Componentes del presupuesto	51

3	Capítulo III: Marco Contextual.....	55
3.1	Agua potable y saneamiento en ecuador	55
3.2	Calidad de los servicios	56
3.3	Responsabilidad para agua y saneamiento	56
3.4	Política.....	57
3.5	Provisión de servicios.....	57
3.6	Historia y acontecimientos recientes.....	58
3.7	Tarifas y capacidad de pagos	58
3.8	Programas de inversión y financiamiento.....	59
3.9	Cooperación externa.....	61
3.10	Cooperación multilateral.....	62
3.11	Cooperación bilateral.....	63
3.12	Organizaciones no gubernamentales	63
3.13	Investigaciones relacionadas al tema.....	63
3.14	Marco macroeconómico del ecuador.....	65
3.15	Producto interno bruto	66
3.16	La Inflación	67
3.17	Análisis.....	68
3.18	Salarios mínimos	75
3.19	Remuneración básica unificada.....	76
3.20	Aumento del desempleo.....	77
4	Capítulo IV: Metodología	79
4.1	Evaluación técnica.....	79
4.1.1	Rehabilitación con zanja.....	80
4.1.2	Rehabilitación sin zanja cipp.....	82
4.2	Evaluación ambiental.....	84
4.2.1	Contaminantes de producidos por la rehabilitación con zanja.....	84

4.2.2	Contaminantes de producidos por la rehabilitación sin zanja.....	85
4.3	Evaluación económica.....	86
4.4	Tecnologías con zanja.....	86
4.4.1	Tecnología cipp.....	88
5	Capítulo V: Resultados y discusión.....	90
5.1	Evaluación técnica.....	90
5.1.1	Ancho de zanja.....	90
5.1.2	Instalación de tuberías con zanja.....	92
5.1.3	Instalación de tubería.....	94
5.1.4	Rendimiento de la instalación con zanja.....	94
5.1.5	Sistema de curado por mangas cipp.....	96
5.1.6	Láminas de protección de tubería.....	97
5.2	Aspectos económicos.....	100
5.2.1	Tecnología con zanja y sin zanja cipp.....	100
5.3	Evaluación de impacto ambiental (eia).....	101
5.3.1	EIA del sistema de rehabilitación con zanja.....	102
5.4	Socio económico.....	104
5.4.1	Evaluación de impacto ambiental.....	105
5.4.2	Matriz de importancia para la evaluación de impacto ambiental.....	105
5.4.3	Resultados de la evaluación de impacto ambiental.....	111
5.4.4	EIA del sistema de rehabilitación sin zanja cipp.....	112
5.5	Físicos.....	113
5.6	Socio económico.....	114
5.7	Seguridad industrial.....	114
5.7.1	Matriz de importancia para tecnología sin zanja cipp.....	114
5.7.2	Resultados de la evaluación de impacto ambiental.....	119
	Conclusiones Y Recomendaciones.....	121

Conclusiones	121
Recomendaciones.....	123
Bibliografía	124

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Diámetros por tubería.....	12
FIGURA 2: Daño causado por sulfuro de hidrógeno en una tubería de concreto..	15
FIGURA 3: Bolsas de gases corrosivos en sistemas a bombeo.	16
FIGURA 4: Corrosión en tubería de concreto	17
FIGURA 5: Corrosión en tubería de concreto por acero	17
FIGURA 6: Fragmentación de tubería de acero	21
FIGURA 7: Puntos de inicio y fin de la tubería sustituida sin zanja.....	24
FIGURA 8: Puntos de entrada y salida	24
FIGURA 9: Sustitución de tubería sin zanja	25
FIGURA 10: Tipos de cabezas	25
FIGURA 11: Método Neumático	26
FIGURA 12: Posición contraída y expandida de la cabeza rompedora hidráulica.	27
FIGURA 13: Método estático.....	27
FIGURA 14: Recubrimiento interior de tuberías por halado.....	29
FIGURA 15: Recubrimiento interior por empuje	29
FIGURA 16: Packers	30
FIGURA 17: Resinas	31
FIGURA 18: Mangas	31
FIGURA 19: Tambores de inversión	32
FIGURA 20: Caldera de agua caliente.....	32
FIGURA 21: Mesas de impregnación	33
FIGURA 22: Medidor Panametric.....	33
FIGURA 23: Procedimiento de curado	35
FIGURA 24: Introducción de lámina deslizante.....	36

FIGURA 25: Corte de la manga	37
FIGURA 26: Curado	38
FIGURA 27: Inversión y financiamiento	60
FIGURA 28: Inflación Anual del Ecuador durante 2006-2015	68
FIGURA 29: Evaluación del Presupuesto General del Estado 2007 - 2015	70
FIGURA 30: PIB Ecuador periodo 2003-2015	71
FIGURA 31: Tasa de Crecimiento del PIB Ecuador periodo 2003-2015	72
FIGURA 32: Remuneración Básico Unificada 2013 – 2016	76
FIGURA 33: Señalética para el desarrollo de mantenimiento vial.	80
FIGURA 34: Excavación de la zanja.	81
FIGURA 35: reparación de la tubería.	81
FIGURA 36: Reparaciones sanitarias viales en Guayaquil.	82
FIGURA 37: Inspección de tuberías.	82
FIGURA 38: Inspección de tuberías.	83
FIGURA 39: Reparación con resinas.	83
FIGURA 40: Reparación con resinas.	84
FIGURA 41: Reparación con resinas.	87
FIGURA 42: Reparación con zanja.	91
FIGURA 43: limpieza y lubricación de piezas.	94
FIGURA 44: Manga de CIPP.	96
FIGURA 45: Curado manga de CIPP.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cobertura del abastecimiento de agua	55
Tabla 2 Inflación Anual del Ecuador durante 2006-2015.....	67
Tabla 3 Evaluación del Presupuesto General del Estado 2007 – 2015.....	69
Tabla 4 PIB Ecuador periodo 2003-2015	71
Tabla 5 medidas de excavación por m longitud.....	87
Tabla 6 Costos por rubro.....	88
Tabla 7 Costo de equipo para CIPP	89
Tabla 8 Costo de materiales para CIPP.....	89
Tabla 9 Costo de instalación de tubería por medida	89
Tabla 10 Ancho de zanja.....	91
Tabla 11 Espesor de pared para diferentes tuberías	93
Tabla 12 Consumo de lubricantes.....	95
Tabla 13 Rendimiento por longitud	95
Tabla 14 Radiación ultravioleta en la manga	98
Tabla 15 Comparación de la tecnología con zanja y sin zanja	100
Tabla 16 costo total de rehabilitación con zanja y sin zanja por cada ml.....	100
Tabla 17 costo total de rehabilitación con zanja y sin zanja por cada ml.....	101
Tabla 18 Recurso e impactos de la rehabilitación con zanja	105
Tabla 19 Clasificación de impactos excavación del terreno.....	107
Tabla 20 Clasificación de impactos instalación de tuberías	108
Tabla 21 Clasificación de impactos relleno de suelos.....	108
Tabla 22 Clasificación de impactos obras de acabado	109
Tabla 23 Clasificación de impactos tareas productivas.....	109

Tabla 24 Clasificación de impactos tareas administrativas	110
Tabla 25 Resumen de los resultados de impactos ambientales	110
Tabla 26 Resumen de los resultados de impactos ambientales	111
Tabla 27 Recurso e impactos de la rehabilitación con zanja	115
Tabla 28 Clasificación de impactos preparación de manga	115
Tabla 29 Extracción de residuos solidos	116
Tabla 30 Reparación de tuberías.....	116
Tabla 31 Reparación de tuberías.....	117
Tabla 32 Reparación de tuberías.....	117
Tabla 33 Reparación de tuberías.....	118
Tabla 34 Resultado	118
Tabla 35 Resumen de los resultados de impactos ambientales	119

INTRODUCCIÓN

Las redes sanitarias de infraestructura hidráulica comprenden las instalaciones necesarias para obtener agua para consumo humano, las requeridas para la disposición final de las aguas servidas, y las necesarias para la conducción de aguas de escurrimiento superficial en áreas urbanas; constituyendo componentes propios de toda urbanización y edificación.

Al construir ciudades, el hombre ha alterado la secuencia natural del ciclo hidrológico. Racionalmente hablando, la intervención del ambiente para la creación de ciudades requiere insertar un mecanismo artificial que permita captar, tratar y conducir las aguas para su aprovechamiento, recogerlas luego de utilizarlas y devolverlas al medio natural causando el menor daño posible. La protección de las ciudades respecto a los daños y pérdidas que pueden ocasionar grandes avenidas de agua, también implica la aplicación de diversos mecanismos de protección y corrección respecto al drenaje natural. Visto de esta manera, la incidencia de las redes hidráulicas en el desarrollo urbano es evidente.

Sin embargo, el proceso de construcción de las ciudades no es perfecto, y no ha garantizado que se tomen oportunamente estas previsiones sanitarias, las cuales aún hoy constituyen un serio desafío. Sin el acceso al agua limpia, la agrupación humana es muy precaria, mientras que las fallas en el desalojo y depuración de aguas residuales y la conducción de aguas de lluvia, repercuten de manera determinante en la salud pública, en la propia permanencia del asentamiento y ocasionan importantes daños ecológicos.

En virtud de lo expuesto, se propone desarrollar la presente investigación con el fin de determinar la factibilidad de un sistema alternativo que le permita a las instituciones públicas o a constructoras del Ecuador aprovechar las ventajas de nuevas tecnologías

creadas con el fin de reducir costos, tiempo de ejecución, impacto social y ambiental de una obra civil.

El sistema alternativo de rehabilitación a investigar es comúnmente denominado como CIPP (tubería revestida y curada en sitio), el CIPP se trata de un compuesto tubular que se utiliza como revestimiento en el interior de la tubería que se desea rehabilitar. La inserción se realiza por medio de una máquina que empuja la nueva tubería a lo largo de la tubería existente a través de aire caliente a presión, agua o rayos ultravioleta que provoca el endurecimiento de la manga introducida, obteniendo así las cualidades mecánicas necesarias poder transportar de las aguas domésticas.

CAPÍTULO I: BASES DE LA INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las redes de infraestructura hidráulica influyen en el desarrollo urbano mediante un proceso histórico donde se conjugan aspectos sociales, tecnológicos e institucionales que son cambiantes, dentro de un contexto ambiental que condiciona la manifestación física de las estructuras y la infraestructura urbana. Cuando alguno de estos aspectos cambia de forma sensible en un determinado periodo, provoca modificaciones sustanciales en los otros, afectando la forma de ocupación del territorio y la forma de aparición de estas redes, haciéndolas cambiar ya sea para mejorar o incluso para empeorar, hasta alcanzar un nuevo equilibrio que se rompe cuando aparece un nuevo detonante.

Al aparecer los detonantes, los cambios son profundos, y tanto las redes de infraestructura hidráulica y la ciudad que éstas soportan, cambian sustantivamente, pero puede ser un proceso inestable, que implica siempre la búsqueda subsiguiente de un nuevo equilibrio, en respuesta a una realidad socioeconómica que es siempre cambiante.

El complejo sistema social que es la ciudad, constituye un reflejo tangible de una determinada cultura y se manifiesta en una estructura edificada y una infraestructura sanitaria que la soporta. La modificación de la ciudad y su infraestructura sanitaria requiere ser abordada en forma conjunta y atenta a los cambios sociales que están sucediendo.

A partir de esta concepción de la ciudad y sus redes de infraestructura hidráulica, es posible seguir el rastro histórico de tales cambios hasta el presente, analizar las evidencias actuales y anticipar hacia donde van nuestras ciudades con el fenómeno de la urbanización. Si se desea responder en forma efectiva a los retos socio ambientales

planteados para el nuevo siglo, es necesario estar atento a la emergencia de nuevos detonantes que pueden anticiparse: la creciente desigualdad social, el impacto ambiental del hombre y el surgimiento de nuevas tecnologías.

En tal sentido, si se apuesta la permanencia de la sociedad humana en ciudades, es indispensable organizar nuestras urbes y nuestras redes sanitarias de una forma que satisfaga la exigencia de los nuevos cambios. El fortalecimiento de formas de gobierno que registren y actúen de forma inmediata ante las nuevas demandas, la adopción de nuevas tecnologías, la emergencia de una nueva forma de organizar y gestionar el territorio, implican el surgimiento de nuevos paradigmas acerca de la relación del hombre con su entorno y específicamente en la configuración de la ciudad y sus redes sanitarias.

En la tesis se pretende entonces responder a preguntas como las siguientes: ¿es posible aprovechar la ejecución de un sistema alternativo para la rehabilitación de una red de alcantarillado sanitario?, ¿La evaluación del sistema administrativo contribuirá para seleccionar el sistema más conveniente para la rehabilitación de una red de alcantarillado sanitario?, Mediante la evaluación de este sistema alternativo propuesto, ¿qué aspectos brindará como resultado una mejora en la ejecución de la obra comparado a la técnica de rehabilitación por apertura de zanja?

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La prioridad fundamental en cualquier desarrollo urbano es el abastecimiento de agua potable, pero una vez satisfecha esa necesidad se presenta el problema del manejo de las aguas residuales; por lo tanto, se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para recolectar, transportar, tratar y descargar finalmente las aguas residuales que producen los habitantes.

Una red de alcantarillado sanitario, en el caso de Guayaquil, es un sistema conformado por: conexiones sanitarias intradomiciliaria, cajas domiciliarias, ramales o tuberías terciarias, tirantes y cámaras de inspección. Una red de alcantarillado sanitario está diseñada bajo un periodo de diseño, este es la proyección del lapso de tiempo durante el cual la obra cumplirá su función satisfactoriamente. La norma CO 10.7 – 601 del Código Ecuatoriano de la Construcción menciona que el periodo de diseño para una red de alcantarillado sanitario depende de la vida útil del material de los equipos especificado por los fabricantes, habitualmente se diseña para un periodo de 20 años, luego de este lapso de tiempo la obra o equipo debe ser reemplazado por obsoleto.

En el Ecuador en la década de los setenta y ochenta la expansión urbana de muchas ciudades y el desarrollo tecnológico del país, superaron drásticamente la capacidad de oferta del servicio sanitario por parte del Estado, por ello se aplicó la Ley de modernización expedida el 31 de diciembre de 1993, que permitió la concesión de estos servicios a empresas privadas (Interagua, Senagua, entre otras) (Robalino, 2002). Por tal motivo en la época de los noventa se construyeron gran parte de las redes de alcantarillado sanitario del país, hoy en día aquellas redes que no han sido reemplazadas y que cumplieron su período de diseño están consideradas antiguas y obsoletas, motivo por el cual es oportuno evaluar un método alternativo para la rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario con deficiencias.

Se ha seleccionado como objeto de estudio la técnica usada mediante la apertura de zanja que se usa para la rehabilitación de un colector principal de una red de alcantarillado sanitario que se encuentra situada debajo de una vía pavimentada, para determinar su repercusión en los costos, tiempo de ejecución, impacto social y ambiental; cuyos resultados serán comparados con una metodología alternativa de rehabilitación no

invasiva CIPP y determinar si es más conveniente la aplicación de esta tecnología en el Ecuador, en cuanto a factibilidad técnica, económica y ambiental.

Se delimita la evaluación del sistema CIPP a un colector de hormigón de una red de alcantarillado sanitario debido a que a partir de los noventa en el Ecuador se comenzó la instalación de tuberías de hormigón para las redes de alcantarillado sanitario, luego de descubrir que las tuberías de plomo al contacto con el agua producen células cancerígenas y que las tuberías de hierro ceden ante la corrosión.

Se debe conocer que cuando el uso de un colector sobrepasa el lapso estipulado en el período de diseño, que para el caso de un colector de hormigón es de 20 años, se genera la posibilidad del daño de la misma por grietas y filtraciones no permitiendo que el sistema trabaje óptimamente.

Los procedimientos que optan por la apertura de una zanja para rehabilitar un colector situado debajo de una vía pavimentada se realizan primeramente taponando las entradas y cortando el flujo proveniente de las viviendas conectadas al colector, luego se retira por bombeo el agua que se encuentra en el colector para proceder a romper el pavimento y excavar hasta la tubería para retirarla y colocar el reemplazo, una vez colocada la nueva tubería se rellena, se compacta el suelo y se procede al asfaltado del tramo de la vía destruido.

Se debe conocer que la técnica por apertura de zanja genera grandes cantidades de movimiento de tierra, rompiendo el pavimento, cerrando la vía y generando tráfico vehicular; además representa un riesgo operativo a obreros y moradores del sitio muy considerable, debido a la profundidad de la zanja, por tales motivos el tiempo de ejecución es un factor importante en este tipo de obras.

Las nuevas tecnologías han brindado diferentes tipos de sistemas para la rehabilitación de un alcantarillado sanitario, existen el Pipe bursting, CIPP (tubería revestida y curada en sitio) y Auger boring.

El sistema CIPP consiste en la rehabilitación de un colector a través de un compuesto tubular que se utiliza como revestimiento interior de la tubería que se desea rehabilitar. La inserción es por medio de una máquina que mantiene enrollada la tubería tipo sándwich, la cual en un extremo se amarra a un pico metálico y del otro extremo a una boquilla de la máquina que expulsa aire caliente a presión. El pico metálico es introducido por la cámara de inspección y colocado en la entrada de la tubería, el aire expulsado a presión empuja la nueva tubería a lo largo de la existente hasta llegar a la próxima cámara de inspección, una vez insertada el aire se torna caliente y produce que la tubería se endurezca en un lapso de 2 horas.

El producto resultante es un tubo con cualidades mecánicas aptas para transportar de las aguas domésticas. El revestimiento puede ser de poliéster o de fibra de vidrio, y su grosor puede ser desde 0,7 mm hasta 3,5mm.

1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar al desarrollo mediante la evaluación de una tecnología No Convencional – No Invasiva para la Rehabilitación de Sistemas de Alcantarillado Sanitario en el Ecuador.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la revisión bibliográfica de la tecnología CIPP.
- Evaluar, en comparación con la tecnología comúnmente utilizada con zanja, la factibilidad técnica de aplicar en el Ecuador la tecnología de CIPP.

- Evaluar, en comparación con la tecnología comúnmente utilizada con zanja, la factibilidad Ambiental de aplicar en el Ecuador la tecnología de CIPP.
- Evaluar, en comparación con la tecnología comúnmente utilizada con zanja, la factibilidad Económica técnica de aplicar en el Ecuador la tecnología de CIPP.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista de la Salud Pública, una inadecuada provisión de agua potable y de servicios de recolección de efluentes, aunados a condiciones de pobreza, involucran la aparición de enfermedades de transmisión hídrica, tales como Amibiasis, Diarreas (principalmente en niños), Giardiasis, Helmintiasis y Hepatitis Aguda Tipo A.

Los Gobiernos Municipales juegan un rol fundamental para erradicar la pobreza mediante la provisión de servicios de calidad de agua potable y saneamiento. Si todos los hogares tuvieran acceso a estos servicios, se lograría erradicar la extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas. La provisión de agua y alcantarillado incide además en la disminución de la desnutrición y repercute en la salud de la población.

En este sentido, después del estudio realizado se considera que el trabajo fundamental en la comunidad consiste en disminuir y eliminar paulatinamente los impactos ambientales que derivan de la emanación de las aguas negras.

Al seleccionar como objeto de estudio la técnica usada por medio de la apertura de una zanja, se buscará determinar su repercusión en los costos, tiempo de ejecución, impacto social y ambiental. Para luego evaluar el sistema CIPP y determinar si es más conveniente.

La siguiente investigación se realizará con el fin de determinar la factibilidad de un sistema alternativo que les permita a las instituciones públicas o a constructores del

Ecuador aprovechar de nuevas tecnologías creadas para la obra civil. Al evaluar el sistema CIPP en una red de alcantarillado sanitario antigua de una zona urbana permitirá tener la noción de las ventajas y desventajas de este sistema, dando a conocer la posible conveniencia de usar este sistema en el Ecuador.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos Técnicos

2.1.1 Aguas servidas

Toda la población mundial genera desperdicios sólidos y líquidos o combinaciones de ambos, los cuales son conocidos como “aguas servidas o residuales”, que se producen debido a los diferentes usos que se le da al agua, sea para uso industrial, doméstico, o comercial.

2.1.2 Caudal de las Aguas Servidas:

Es el agua residual que procede de residencias de lavabos, cocinas, sanitarios y lavanderías. Estas aguas se componen por materias orgánicas, minerales y restos de alimentos, papel, jabón, además de la materia fecal. Cada uno de estos componentes es aprovechado por microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica. Dicha materia desprende olores desagradables y puede transportar enfermedades en su recorrido. (Rivadenira, 2011)

2.1.3 Red de Alcantarillado Sanitario

Generalmente, es la red de tuberías, mediante la cual se evacuan de forma rápida y segura las aguas residuales municipales (de establecimientos comerciales o domésticas) hacia una planta de tratamiento. El abastecimiento de agua potable constituye la prioridad crucial en cualquier desarrollo urbano. Sin embargo, una vez satisfecha esa necesidad ocurre el problema del desalojo de las aguas residuales. Por esta razón, se necesita construir un sistema de alcantarillado sanitario a través del cual se eliminen las aguas residuales que son producidas por los habitantes de una zona rural o urbana incluyendo a la industria y al comercio.

Un sistema de alcantarillado se integra por algunos o todos de los siguientes elementos: subcolectores, atarjeas colectoras, emisores, interceptores, plantas de tratamiento, descarga final, estaciones de bombeo y obras accesorias. El destino final de las aguas residuales podrá ser la reutilización o un cuerpo receptor, dependiendo de las condiciones particulares de la zona de estudio y del tratamiento que se realice. (Molina, 2011)

2.1.4 Componentes de Red de Alcantarillado Sanitario

Una red de alcantarillado sanitario se compone por obras accesorias como y tuberías como: descargas domiciliarias, estructuras de caída, pozos de visita, sifones y cruzamientos especiales. Por otro lado, se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas negras en los sistemas a presión. Entre los componentes fundamentales de las redes que integran los alcantarillados se encuentran:

Red de Atarjeas: La red de atarjeas tiene como objeto transportar previa recolección las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y comerciales, para guiar los caudales que se van acumulando hacia los interceptores o emisores y colectores. Esta red se conforma por un conjunto de tuberías mediante las que circulan las aguas residuales. El ingreso del agua a las tuberías es poco a poco a lo largo de la red, acumulándose los caudales. Esta acumulación da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos cuando se incrementan los caudales. De esta forma se obtienen los diámetros mayores en los tramos finales de la red. La red se comienza con la descarga albañal o domiciliaria a partir del paramento exterior de las edificaciones. En gran parte de los casos, el diámetro del albañal es de 15 cm (6”), siendo éste el mínimo aceptable.

La conexión entre atarjea y albañal debe ser hermética. Luego se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recogiendo las aportaciones de los albañales. En general, su diseño debe ser guiado por la pendiente natural del terreno, siempre que cumpla con los límites mínimos y máximos de velocidad y la condición mínima de tirante. (Moposito, 2016)

2.1.5 Características de los componentes

Sub-Colector: Es la tubería a la cual llegan las aguas negras de las atarjeas para luego conectarse a un colector. Generalmente su diámetro es menor a 61cm, razón por la cual no es necesario utilizar madrinas.

Colector: Es la tubería a la cual llegan las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un emisor, en la planta de tratamiento o en un interceptor. No es se admite conectar los albañales directamente a un colector. En casos como estos el diseño debe prever atarjeas lineales a los colectores.

Interceptor: Lo conforman las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de dos o varios colectores y terminan en la planta de tratamiento o en un emisor.

Emisores: Es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación extra (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su tarea es conducir las aguas negras hacia la planta de tratamiento. Además, se le denomina emisor al conducto que guía las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento hacia el sitio de descarga. Por motivos económicos, los colectores, emisores e interceptores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

El escurrimiento debe darse por gravedad, exceptuando en condiciones muy específicas donde se requiere el bombeo. (Moposito, 2016)

a) Emisores a gravedad: Las aguas negras de los emisores que trabajan a gravedad casi siempre se conducen mediante canales o tuberías, o también por estructuras diseñadas específicamente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo requieren.

b) Emisores a presión: Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, se necesitará recurrir a un emisor a presión. De igual modo, la localización de la planta de tratamiento puede ordenar a tener un tramo de emisor a bombeo. (Moposito, 2016)

2.1.6 Diámetro

El diámetro de tubería mínimo que es usado para el diseño de alcantarillado sanitario es de 8 pulgadas, cuando el trabajo se realiza con tubería de concreto; esto se debe a requerimientos de limpieza flujo, con lo que se eliminan las obstrucciones en la tubería. El diámetro mínimo en tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC) es de 6 pulgadas.

2.1.7 Profundidad

Existen distintos diámetros de tubería con los que se diseña un drenaje sanitario. A continuación, se presenta una tabla que tabula los valores de la profundidad mínima para varios diámetros y condiciones de tráfico pesado liviano.

Diámetro nominal D _n		Diámetro interior D _i		Diámetro exterior D _e	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100.3	3.950	109.2	4.300
150	6	150.1	5.909	163.1	6.420
200	8	200.2	7.881	218.4	8.600
250	10	250.1	9.846	273.9	10.786
300	12	297.6	11.715	325.0	12.795
375	15	364.2	14.338	397.7	15.658
450	18	445.8	17.552	486.5	19.152
600	24	596.1	23.469	649.7	25.580

FIGURA 1: Diámetros por tubería

Fuente: (Moposito, 2016)

2.1.8 Vida útil de materiales

Los materiales de construcción tienen como toda vida útil, aunque definir cuanto durarán es complejo porque se suman muchos factores. Todos los materiales sometidos a cargas repetitivas se fatigan, Dicha fatiga se traduce en la disminución de resistencia, la cual va a depender de las veces que se aplique esa carga y de la magnitud de esta. Existen cargas pequeñas, como vibraciones de maquinaria que aplicados millones de veces, fatigan al material. (El Comercio, 2016)

2.1.9 Fallas en el sistema de alcantarillado sanitario

Las primeras evidencias de que las estructuras de concreto de los sistemas de drenaje podían sufrir una extensiva rápida degradación se encuentran documentadas en California en 1900 (Sand, 2001). No obstante, fue en 1945 cuando Parker descubre que la acelerada corrosión de las superficies de concreto ocurre por poblaciones de bacterias del género Thiobacillus, y vincula el desarrollo de este proceso a la presencia de atmósferas con contenidos elevados de sulfuro de hidrógeno H₂S (Vincke et al., 2000). En 1946 Pomeroy y Bowlus fueron publicadas las conclusiones de varios estudios llevados a cabo en colectores por gravedad de Estados Unidos con el objetivo de determinar las condiciones marginales que dividen la acumulación de sulfuro de

hidrógeno en las aguas residuales y la no acumulación (USEPA, 1974). Holder y Hauser (1987) comentan que existe una relación directa entre el aumento de la reducción de los problemas derivados de la presencia de sulfuro de hidrógeno de la velocidad de flujo.

Sobre la misma línea de investigación en 1950, Davy presentó una expresión que relaciona la velocidad de flujo requerida para prevenir la acumulación de sulfuro de hidrógeno con diversas variables del sistema. En 1959 Pomeroy ofrece una fórmula inicial experimental, desarrollada sobre la base de estudios realizados en conducciones operando a sección llena. Esta expresión permite conocer la máxima acumulación de sulfuro de hidrógeno posible para diferentes tipos de colectores, clasificados de acuerdo a un parámetro K característico (Holder y Hauser, 1987).

Calibrado a partir de colectores que operan a bombeo. Este modelo pone de manifiesto la importancia que tienen para la formación de sulfuro de hidrógeno, la concentración de las especies químicas que participan en el metabolismo de las bacterias sulfato-reductoras, así como la velocidad del flujo de agua residual (Holder y Hauser, 1987). En 1974 bajo la dirección de Pomeroy la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1974), reúne las experiencias precedentes y publica el primer manual práctico enfocado hacia el control de la formación de sulfuro de hidrógeno en los sistemas de alcantarillado.

El documento incluye también disímiles expresiones que permiten calcular sobre el terreno el orden de magnitud del proceso de corrosión desarrollado. En años siguientes la información contenida en esta referencia se fue actualizando con otras publicaciones (ASCE-WPCF, 1982; USEPA, 1985). En 1975 reescriben Boon y Lister la expresión de Pomeroy y Bowlus de 1959 teniendo en cuenta que la concentración de materia orgánica, hasta ese momento expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅),

se podía calcular en términos de otros parámetros característicos consiguiendo un mejor ajuste en las predicciones (Holder y Hauser, 1987).

Tomando como parámetro representativo la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los trabajos de Boon (Boon, 1995; Boon et al., 1998) se desarrollan en paralelo a los estudios de Pomeroy y colaboradores. En 1977 Pomeroy y Parkhurst dan el paso definitivo en sus investigaciones y publican el modelo para la predicción de la formación de sulfuro de hidrógeno en colectores que la literatura científica recoge con mayor profusión (Kienow et al., 1982; ASCE-WPCF, 1982; Holder, 1983; USEPA, 1985; Beeldens y Van Gemert, 2000). Este modelo se construye sobre una base deductiva a partir de las leyes físico-químicas que rigen el equilibrio entre las fases acuosa y gaseosa por lo que cubre las condiciones que caracterizan los sistemas a presión y los sistemas por gravedad (USEPA, 1985).

La existencia de conductos de drenaje con considerables longitudes, además de la introducción de numerosos puntos de bombeo intermedios ha promovido el acceso a condiciones sépticas generalizadas en las aguas que circulan por estos sistemas. Dicha circunstancia aparte de generar innumerables distorsiones en las plantas de tratamiento y en la circulación de las aguas residuales, conduce a mediano y largo plazo al desarrollo en infraestructura de concreto del conocido biodeterioro del concreto. Este proceso ocurre como consecuencia del ataque por Ácido Sulfúrico Biogénico (ASB) sobre los elementos que son fabricados con materiales con base de cemento tipo Portland y su creación se debe a la formación de sulfuro de hidrógeno en las aguas residuales en condiciones persistentes anaerobias.

Las bacterias relacionadas con la producción de sulfuro de hidrógeno en los sistemas que transportan aguas residuales necesitan un medio anaerobio (ausencia de

oxígeno) para su desarrollo celular. Usualmente este medio se presenta en la parte de la tubería que se encuentra sumergida, donde se desarrolla una película biológica.

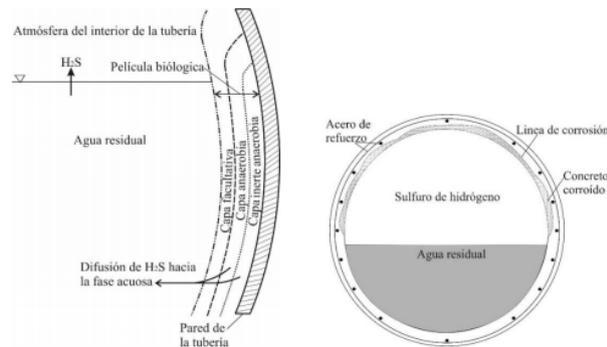


FIGURA 2: Daño causado por sulfuro de hidrógeno en una tubería de concreto
Fuente: (Fernández, 2014)

Daño por corrosión causada por sulfuro de hidrógeno en una tubería de concreto (Basurto et al., 2012) La figura anterior representa las transformaciones del ciclo del azufre en colectores de aguas residuales. El proceso de corrosión en tuberías de concreto y metálicas es el similar. Los procesos implicados en estos casos son los siguientes: (Fernández, 2014)

- 1) Liberación de sulfuro de hidrogeno.
- 2) Absorción en las superficies húmedas expuestas.
- 3) Reacción de corrosión. Se libera sulfuro al agua residual.

Una vez en solución, el H₂S sale a la atmósfera del tubo. La cantidad presente en ésta se encuentra directamente vinculada con la concentración de H₂S en la fase acuosa. De igual modo la cantidad de sulfuro disuelto crecerá al disminuir el pH del agua residual. Un ejemplo fehaciente es que para un pH de 7.0, el H₂S representa el 50 % de los sulfuros disueltos. Sin embargo, para un pH de 6.0, H₂S representa el 90% de los sulfuros disueltos. Efecto del pH en el equilibrio del H₂S (Hidráulica de las bolsas de gases corrosivos en sistemas a bombeo que transportan aguas residuales). Después de su emisión a la atmósfera interna del tubo, el próximo paso en el proceso de corrosión se

basa en su transferencia a la zona de paredes del conducto ubicada arriba de la superficie del agua. Dado que las paredes de la tubería se encuentran húmedas a causa de las condensaciones que se acumulan en ellas, el sulfuro de hidrógeno de la atmósfera se fijará a las paredes a penas entre en contacto con éstas.

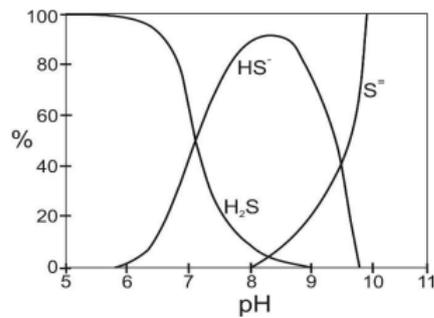


FIGURA 3: Bolsas de gases corrosivos en sistemas a bombeo.

Fuente: (Fernández, 2014)

El sulfuro de hidrógeno detenido en esas zonas húmedas se transforma en ácido sulfúrico debido la acción de bacterias del tipo Thiobacillus, fundamentalmente por las de la clase Thiobacillus Concretivorus, que se puede traducir como devoradoras de concreto. En el paso siguiente del proceso de corrosión, el cemento del concreto y el ácido sulfúrico reaccionan. Si es baja la tasa de producción de ácido sulfúrico, la mayor parte este reacciona con el cemento, surgiendo un material pastoso que queda vinculado de algún modo a los agregados empleados en la fabricación del tubo. Si la tasa de producción de ácido sulfúrico es grande, una parte considerable del mismo no podrá difundirse a través de la masa pastosa citada y, como consecuencia, la corriente lo arrastrará de las paredes cuando el tubo trabajó a tubo lleno, o podría desprenderse por su propio peso. A medida que continúa la corrosión de la tubería este proceso se repetirá. La forma de evolución de la corrosión cambia en dependencia de la cantidad de condensados existente, de la circulación de aire, de la tasa y cantidad de sulfuro de hidrógeno producido, así como otros factores locales. En la siguiente figura se muestran imágenes donde el acero y el concreto han sufrido el efecto de corrosión.

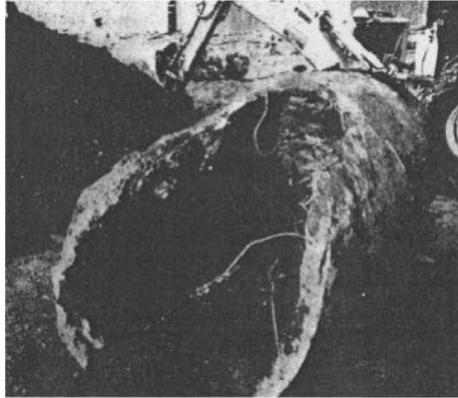


FIGURA 4: Corrosión en tubería de concreto

Fuente: (Fernández, 2014)



FIGURA 5: Corrosión en tubería de concreto por acero

Fuente: (Fernández, 2014)

2.1.10 Rehabilitación de red mediante método tradicional

Algunas de las razones fundamentales de las causas que producen las fugas en los sistemas de distribución de agua son: la deficiente instalación y asentamiento de las tuberías, la incorrecta elección de los materiales de la red, corrosión, deficiencias en valvulería, actuaciones externas y sobrepresiones. Estos posibles orígenes de las fugas deben tenerse en cuenta en el manejo operacional de la red, y en su mantenimiento preventivo, con el objetivo de extender su vida útil sin fallos.

El tipo de reparación que se realice sobre la tubería estará en dependencia del daño que se haya producido sobre esta, y dependerá además del tipo de tubería y el

material. En caso de pequeñas roturas o agujeros que no necesiten la sustitución de la tubería, se pueden ejecutar rápidas reparaciones y duraderas usando manguitos partidos o acoplamientos flexibles y abrazaderas de reparación. Cuando el daño que se ocasiona a las tuberías es pequeño (por ejemplo, un picotazo de un compresor o máquina, una pequeña fisura o un agujero), éste puede ser reparado con una pieza de reparación mecánica destinada para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instalada. Ya que no se realiza el corte del tubo, la pieza debe permitir su desmontaje o estar partida con la misión de que pueda ser acoplada a la tubería. Las abrazaderas de reparación están provistas de una junta interior que asegura una estanqueidad total cuando se realiza el apriete de los tornillos. El exterior generalmente está fabricado en acero inoxidable o fundición con pintura de protección evitando así problemas de corrosión. (De la Curz, 2012)

Estos sistemas de reparación son relativamente rápidos pues, después de destapar la tubería la pieza de reparación puede ser instalada, cerrando el servicio parcialmente, e incluso en ocasiones sin necesidad de realizar un cierre total del suministro. Con esto se evita el vaciado y corte de la tubería, logrando tiempos de restablecimiento del servicio ínfimos. En casos como estos hay que valorar que la fisura no se extienda longitudinalmente a lo largo del tubo. Si se considerara que esto puede ocurrir, deberá cortarse el tubo eliminando la parte afectada, realizando una reparación con corte de tubería. Si la avería producida es de una dimensión relevante, la reparación de la misma, se realizará a través de la sustitución del tramo de tubería dañado. Se dividirá el trozo de canalización dañado y se remplazará por un trozo nuevo de tubo (cilindro o carrete) preferiblemente del mismo material.

Según la longitud afectada y las posibilidades de maniobrabilidad, se pasará a unir el nuevo tramo de tubería con la canalización existente usando varios tipos de acoplamientos

disponibles en el mercado. En este caso no se necesita que sean partidos, pues al cortar la tubería se pueden introducir en la que ya existe o en el cilindro. Sin embargo, lo recomendable es reparar por medio del uso de la tubería del mismo material y calibre. También existen acoplamientos de mayor tolerancia que facilitan realizar la reparación por medio de un tubo de calibre distinto al existente. Estos elementos son utilizados frecuentemente en la reparación de tuberías de fundición gris y fibrocemento. (De la Curz, 2012)

2.1.11 Procedimientos

El método tradicional necesita de la intervención de poceros especializados y la apertura de la zanja. Las tecnologías de rehabilitación de tuberías en la actualidad permiten contar con maquinaria especializada y de materiales (principalmente plásticos) para recubrir las paredes del interior de las tuberías que han sufrido afectaciones. Esto permite solucionar los problemas de filtraciones y pérdidas de fluidos, evitando tener que realizar obra civil y disminuyendo por ende los costes de la intervención.

Cada vez se utilizan con mayor frecuencia estos sistemas de rehabilitación de tuberías sin apertura de zanja, pues logran evitar incómodas obras (cortes de calles y Acerados), reducen notablemente los costes y el impacto medioambiental, así como disminuyen el peligro de zanjas abiertas.

Usualmente los trabajos de rehabilitación consisten inicialmente la detección de la zona a rehabilitar, luego, en la limpieza del interior del tramo. Finalmente, en la instalación del revestimiento interior por cualquiera de los métodos que se utilizan.

Entubado:

El entubado se basa en la introducción de un tubo continuo de menor diámetro al existente (Canal Isabel II Gestión 2013) en la tubería a rehabilitar. Se acostumbra emplear

tuberías C.3. plásticas, generalmente de polietileno, aunque podrían utilizarse también de acero o, inclusive de fundición dúctil, siempre que se utilicen uniones acerrojadas. Esta técnica se limita a conducciones que puedan ver mermado su diámetro interior sin causar problemas a su funcionamiento. Este hecho no es significativo principalmente debido, a dos motivos:

- Casi siempre, el revestimiento de la nueva tubería brinda una menor rugosidad que la tubería que se reemplaza, por lo que es mayor la capacidad de conducción (Zhang et al. 2012).

- Los consumos de agua potable, y la producción de aguas residuales, han disminuido en los últimos años, con lo que también ha mermado la cantidad de agua a transportar por las conducciones (Daza 2008). Es fundamental preparar la tubería antigua para disminuir la fricción en la medida de lo posible cuando se realiza la instalación de la nueva tubería. Para esto, es conveniente retirar las incrustaciones de la pared, sellar las grietas que existan y aplicar un lubricante a la superficie interna. En la instalación existen varios métodos para introducir la nueva tubería en el interior de la antigua pudiendo identificarse tres subtipos de entubado: mediante reducción temporal, mediante tracción, o mediante inserción previo doblado del tubo.

Fragmentación: (bursting)

La fragmentación no es más que la introducción de una tubería nueva, aprovechando la traza de la conducción que se rehabilitará. Para esto, se rompe la tubería existente mediante los útiles necesarios y a la vez se aloja una nueva tubería donde se encontraba la primera. El procedimiento de instalación es el que sigue:

- En la conducción existente a rehabilitar se inserta un cable para instalar la nueva tubería a través de la tracción.

- Cuando el cable llega el punto final de la tubería o al punto inicial de rehabilitación, se conecta a una cabeza de ruptura. Esta suele ser un tronco cono de acero que ayuda a destruir la tubería vieja y ampliar temporalmente la sección donde se desplegará la nueva tubería.

- La nueva tubería se ancla a la cabeza de ruptura, la cual generalmente será de polietileno, aunque puede ser también de fundición dúctil siempre que se utilicen uniones acerrojadas, y se introduce a través de tracción. En caso de que la tubería que se reemplazará fuese de acero, fundición dúctil o estuviese armada, pueden entonces emplearse cabezas rompedoras con una cuchilla de corte que ayuda a fracturar este tipo de materiales. Los fragmentos creados durante el proceso de instalación se mueven contra el terreno, y quedan alojados en las inmediaciones de la nueva tubería.

La ventaja fundamental que posee esta técnica es que la nueva tubería que se instala es del mismo diámetro o mayor que la tubería que existía. Como desventaja se destaca que, si la tubería a rehabilitar se compone de varios materiales, por ejemplo, porque se hayan realizado reparaciones en la misma con materiales diferentes al inicial, se pueden presentar problemas de atascamiento de la cabeza de ruptura que pueden obligar a abrir una excavación en ese punto. Otra desventaja es que con esta técnica no se pueden rehabilitar tramos que tengan una mayor curvatura que la desviación máxima de instalación de una tubería convencional.



FIGURA 6: Fragmentación de tubería de acero
Fuente: (Fernández, 2014)

Manga impregnada con resina curada in situ (CIPP) El CIPP se trata de un compuesto textil tubular que se utiliza como revestimiento interior de la tubería que se instala, generalmente, por reversión con presión de gas o agua. Utilizando esta tecnología la longitud máxima de la tubería a rehabilitar solo está condicionada por la vida de la mezcla de la resina y las restricciones de la geometría de la tubería. Una vez que se ha completado la inserción, la resina se cura usando agua caliente, aire o vapor de agua, que se distribuye a través de la tubería receptora. Después del curado, el producto resultante es un tubo de resina reforzada estructuralmente alojado en el interior del conducto existente que queda perfectamente ajustado.

El CIPP tiene propiedades mecánicas parecidas a las de las tuberías de fibra de vidrio. El ahorro que se obtiene en este tipo de reparación, tanto en coste de reposición de tubería como el tiempo de inactividad del sistema es considerable (Shujie Zhang et al. 2011, Shu-Jie Zhang et al. 2011, Zhang and Cheng 2011, Akinci et al. 2010). Sin embargo, el resto de sistemas de rehabilitación que se han descrito en los puntos anteriores constituyen una fase de diseño técnico bastante simple. Este método necesita que se tengan profundos conocimientos en la materia para poder conseguir la rehabilitación que se desea. Esto se debe a que, mientras en los sistemas anteriores se utilizan para rehabilitar tuberías convencionales de polietileno, en este sistema la mayor parte del resultado final es consecuencia de una elección de materiales, una puesta en obra bastante compleja, un dimensionado y de una fabricación en obra en la que gran parte del control de calidad debe realizarse en la propia instalación.

Uno de los aspectos complejos de este sistema es su dimensión, para el cual no hay un desarrollo normativo nacional, conllevando que se recurra a recomendaciones o normas extranjeras. Dichas normas, utilizan formulaciones difíciles en las que se utilizan parámetros difícilmente cuantificables que hacen más difícil el dimensionamiento del

sistema, y por lo tanto se recurre en numerosas ocasiones a valores recomendados o usuales con la incertidumbre que esto genera. La versatilidad es una de las grandes ventajas que presenta este sistema pues puede ser empleado en todo tipo de diámetros, secciones y materiales sin que ello suponga una disminución de la calidad final del producto. También, al adaptarse correctamente a la tubería, esta última puede presentar oquedades que se pueden salvar fácilmente por el sistema. En los casos más específicos puede que parte de la conducción no exista en alguna sección.

Otra ventaja que presenta es que, debido a los altos rendimientos que pueden ser obtenidos en su instalación, resulta una solución ventajosa desde el punto de vista económico, más cuando se cuantifican también otros factores como contaminación, reducción al mínimo de las interrupciones de las actividades económicas y sociales, ruido, interferencias al tráfico, molestias, etc.

2.1.12 Rehabilitación de red sin apertura de zanja

Principalmente, este tipo de renovación se caracteriza por destruir la tubería que existía, es empleada cuando el grado de deterioro de la tubería existente conlleva a un replazo. Este tipo de renovaciones permite ampliar incluso el diámetro de la tubería.

2.1.13 Sustitución de tubería

La sustitución de tuberías se puede realizar, arrastrando una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) por la tubería existente con apoyo de una perforadora. La perforadora neumática rompe la tubería a reemplazar, empuja y desplaza los restos de la misma hacia el terreno que la está rodeando. Este método de sustitución de tubería es conocido en inglés como "pipe bursting". En este procedimiento pueden usarse tuberías del mismo diámetro o mayores a los de la tubería que se sustituirá. Este método se utiliza

en tuberías con diámetros entre 2 y 32 pulgadas. La nueva tubería es conectada a un cabezal de acero que la tapa. La perforadora atraviesa a través de la tubería, halada por un malacate hidráulico hasta un pozo de visita o el punto de salida. En la figura que sigue se muestran los puntos de inicio y de salida de la tubería sustituida sin zanja.



FIGURA 7: Puntos de inicio y fin de la tubería sustituida sin zanja
Fuente: (Fernández, 2014)

Puntos de inicio y de salida de la tubería sustituida sin zanja. Este es un método muy eficaz para sustituir líneas de alcantarillado de fierro fundido, arcilla vitrificada, y concreto.



FIGURA 8: Puntos de entrada y salida
Fuente: (Fernández, 2014)



FIGURA 9: Sustitución de tubería sin zanja
Fuente: (Fernández, 2014)

2.1.14 Tipos de métodos

Método neumático: la cabeza que se utiliza en este proceso, usa la presión del aire para impulsarla y fracturar la tubería.

Método hidráulico: en este caso, la cabeza se abre y se cierra mientras es halada a través de la tubería fracturando a la misma según avanza.

Método estático: la cabeza utilizada en este caso no tiene movimiento y esta es halada por medio de la tubería para fracturarla.

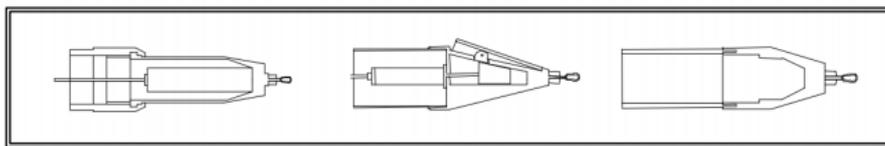


FIGURA 10: Tipos de cabezas
Fuente: (Fernández, 2014)

Método neumático: En este procedimiento se utiliza una cabeza con forma de cono en un tubo neumático. Este es impulsado a una velocidad de 180 a 580 golpes por minuto por aire comprimido, los cuales van fracturando la tubería. Es un proceso mezclado del golpeteo de la cabeza, generado por la tensión del cable que está sujeto a la

parte frontal de la cabeza y el aire a presión. El cable es halado por un malacate, manteniendo la cabeza presionada contra la tubería. La presión requerida se suministra desde un compresor de aire a mediante una manguera que se inserta en la tubería por instalar y se conecta a la parte trasera de la cabeza neumática. Este sistema es recomendable para reemplazar hierro dúctil, tuberías de fierro fundido, fibrocemento, PVC para diámetros entre 50 y 450 milímetros. La tubería que se inserte puede ser de polietileno o PVC y su longitud típica de aplicación es del orden de 80 metros. En la figura que sigue se ilustra el método neumático.

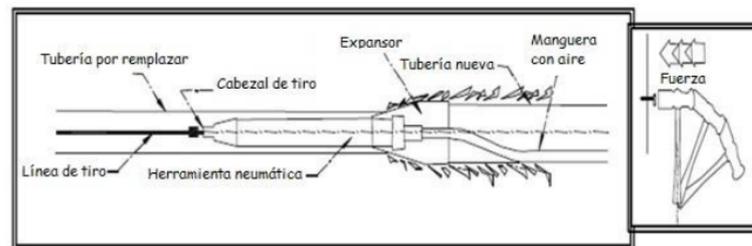


Figura 3.4. Método neumático (Modificado de Guidelines for Pipe Bursting, 2001)

FIGURA 11: Método Neumático

Fuente: (Fernández, 2014)

Método hidráulico: Este proceso consiste en ir fracturando la tubería en dos pasos. Primeramente, se hala la cabeza rompedora al interior de la tubería que se romperá (Tomando en cuenta que la sección a romper será igual al tamaño de la cabeza rompedora) y luego, la cabeza hidráulica se dilata para romper el tubo. La cabeza rompedora es halada por el tubo mediante un cable insertado a lo largo de la tubería con ayuda de un malacate que se coloca en la parte final del tubo que se romperá. La parte trasera de la cabeza rompedora se conecta a la tubería de reemplazo, en la cual se debe instalar el sistema hidráulico. Este sistema brinda excelentes resultados en tuberías de materiales como concreto, arcilla vitrificada, y asbesto cemento para diámetros entre 50 y 600 milímetros. El material de la tubería de sustitución puede ser de polipropileno, polietileno, PVC o

GRP y la longitud típica de aplicación es de 80 a 90 metros. En la figura que continua se muestran las dos posiciones que puede tener la cabeza hidráulica.

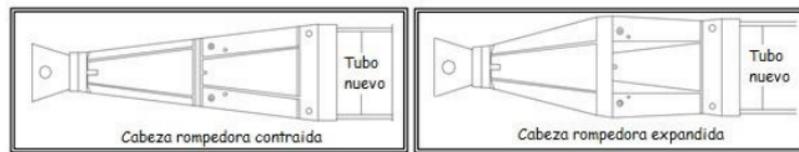


FIGURA 12: Posición contraída y expandida de la cabeza rompedora hidráulica
Fuente: (Fernández, 2014)

Método estático: En este sistema, la cabeza es halada por un malacate y un cable que se une a la parte frontal de la cabeza rompedora y pasa a lo largo de toda la tubería. La fuerza que se utiliza para fracturar la tubería proviene específicamente del malacate. En la figura que se muestra debajo, se observa el esquema del método estático.

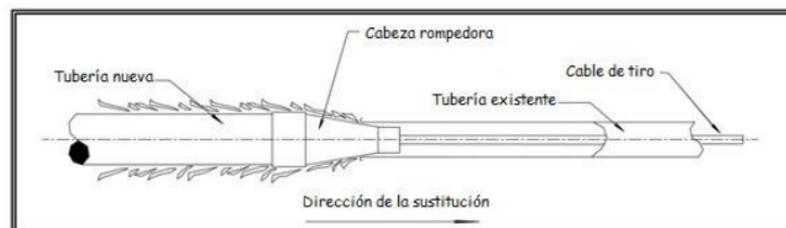


Figura 3.6. Método estático (Modificado de Guidelinesfor Pipe Bursting, 2001)

FIGURA 13: Método estático
Fuente: (Fernández, 2014)

Ventajas:

- Al reemplazar la tubería en toda, la nueva tubería instalada respeta la dirección y línea original.
- Permite incrementar el diámetro de la tubería, por la metodología usada,
- Diminución de los tiempos de rehabilitación.
- Una excavación mínima para facilitar la instalación, disminuyendo los costos de restauración en el área de trabajo.

- Este sistema permite la sustituir de servicios laterales solamente con la excavación de acceso a la línea principal, disminuyendo el impacto en zonas residenciales. (Fernández, 2014)

2.1.15 Rehabilitación mediante Tubería revestida y curada en sitio

Recubrimiento interior:

En este método se realiza una inserción de un revestimiento de diámetro menor para rehabilitar la tubería. Cuando la tubería está en el interior del conducto que se va a recubrir, se rellena con un material epóxido para prevenir filtraciones y provocar integridad estructural o con mortero. En caso de no existir un relleno, el revestimiento colocado no es considerado estructural. En algunos casos de inserción de revestimiento, el espacio en los pozos de visita no es el correcto para realizar este procedimiento, por lo que no siempre se considera una técnica sin zanja, independientemente de esto, la excavación que se requiere es considerablemente menor que la requerida en una sustitución de tubería. El recubrimiento interior tiene 3 técnicas con diferentes procedimientos.

Por halado: En esta técnica se usa un malacate que hala la tubería nueva con un cable atado en un extremo. Con esta técnica casi siempre se instalan tuberías de polietileno. La instalación del revestimiento por esta técnica es muy ágil, de todos modos, no se recomienda para instalar tuberías de diámetros mayores a 90 pulgadas o de grandes espesores, pues implica un cable de halado muy grueso y un malacate muy grande.



Figura 3.7. Recubrimiento interior de tuberías por halado

FIGURA 14: Recubrimiento interior de tuberías por halado

Fuente: (Fernández, 2014)

Por empuje: En este caso, una retroexcavadora empuja la tubería. Esto permite instalar tuberías de gran diámetro. Normalmente se instalan tuberías segmentadas de PVC o polietileno.



Figura 3.8. Recubrimiento interior por empuje

FIGURA 15: Recubrimiento interior por empuje

Fuente: (Fernández, 2014)

Por tramos: Esta clasificación, se utiliza cuando se realizan inserciones con tuberías segmentadas y continuas. En las tuberías continuas se utiliza el método de halado, y, por otro lado, en las tuberías segmentadas, los tubos son unidos ya sea fuera o dentro de la tubería a trabajar. Para implementar esta alternativa se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Selección del diámetro: estará en función de la capacidad de flujo solicitada en la línea o por el tamaño de la tubería por recubrir.
- Determinación del espesor: esta característica estará en dependencia de las cargas estructurales a las que estará sometida la tubería.
- Analizar la capacidad de flujo: con el recubrimiento de la tubería el área se hace más pequeña, pero al cambiar también el tipo de material casi siempre se disminuye la resistencia al flujo. Se debe revisar que los cambios en estos parámetros sean adecuados para las necesidades correspondientes.

- Diseño de los accesos: se debe evaluar la localización de los pozos de visita, entradas de servicio y conexiones de transición.

Ventajas del recubrimiento interior de tuberías

- No causa deformaciones en la nueva tubería.
 - Instalación rápida.
 - Se rehabilitan longitudes grandes.
 - Aplicable para grandes diámetros (hasta 1.5 m).
 - Para la inserción de tuberías por segmentos, la sección no debe ser circular.
- necesariamente (Fernández, 2014)

2.1.16 Maquinarias

Existen diversas empresas dedicadas a la venta de maquinarias para este tipo de proyectos.

Algunas de las maquinarias utilizadas se describen debajo:



FIGURA 16: Packers
Fuente: (Panatec, 2016)

Packers de alta calidad: en diversos diámetros y longitudes, con o sin ruedas. Longitudes de hasta 3 metros y diámetros de 10 a 100 cm y. Los packers permiten la realización de actuaciones puntuales para la rehabilitación de conducciones en redes de saneamiento. El packer está rodeado de una manta de fibra impregnada con resinas, realizándose el curado del conjunto a través de la aplicación de presión (inflado aire

comprimido). Debido a las propiedades elásticas del packer, estos dispositivos son compatibles con un rango específico de diámetros.



FIGURA 17: Resinas
Fuente: (Panatec, 2016)

Resinas: Gran variedad de **Resinas** de 2 y 3 componentes para diversas aplicaciones y tiempos de reacción. Soluciones para fraguado en caliente y frío. Como complemento a las resinas. Este tipo de sistemas de dosificación de resinas aplicados a la rehabilitación de conducciones, reduce los errores en la medición y el cálculo de las proporciones de la mezcla.



FIGURA 18: Mangas
Fuente: (Panatec, 2016)

Mangas: Manga continua de 10 hasta 120 cm de diámetro, disponible en diversos espesores y tipos de costura. Mangas en distintas flexibilidades para la superación de codos. Como complemento a este tipo de sistemas de rehabilitación se propone el uso de cámaras de inspección de tuberías para controlar la calidad en el trabajo de rehabilitación.



FIGURA 19: Tambores de inversión

Fuente: (Panatec, 2016)

Soluciones para la inversión de mangas desde diámetros de 100 mm hasta 800 mm. Distintos modelos y tamaños en función de la aplicación y diámetro de la manga a instalar. Los tambores permiten la instalar las mangas continuas dentro de la conducción. Constan de un recinto cerrado presurizado. El mismo está dotado de una salida a través de la cual la presión interna del inversor realiza una fuerza de empuje sobre las paredes de la manga, obligando a la misma a desplazarse a lo largo de la conducción y por ende a colocarse dentro de la misma, dejándola lista para su presurizado y posterior curado. Existen diversos modelos en función del rango de diámetro de las rehabilitaciones de conducciones y de las restricciones de acceso.



FIGURA 20: Caldera de agua caliente

Fuente: (Panatec, 2016)

Alto rendimiento para el fraguado controlado y rápido en colocación de manga. Extensa gama de calderas de diferentes configuraciones y potencias según diámetro y entornos de trabajo. Las calderas representan una de las soluciones más viables para el curado de manga continua. La alta temperatura del agua (con o sin recirculación) además del tiempo en el que permanece la manga en contacto con el agua caliente, determina el tiempo final de curado. Alternativamente, al agua caliente es posible realizar curado de

manga en trabajos de rehabilitación de conducciones a través de la inserción de vapor de agua a altas temperaturas dentro de la manga. El vapor es de aplicación en rehabilitaciones de grandes diámetros.



FIGURA 21: Mesas de impregnación
Fuente: (Panatec, 2016)

Soluciones para la impregnación de mangas tanto eléctricas como manuales, en diámetros de 10 hasta 100 cm, para la óptima distribución y aplicación de resinas. Las mesas de impregnación contribuyen en el proceso de preparación de la manga para su posterior inserción en la conducción. La impregnación se lleva a cabo con una mezcla de resinas preparada a mano o a través de un sistema automatizado de dosificación mediante un PLC. Las mesas pueden ser manuales para aplicaciones en rehabilitación de conducciones de pequeño diámetro. Las eléctricas se hacen imprescindibles en obras de grandes diámetros.



FIGURA 22: Medidor Panametric
Fuente: (Panatec, 2016)

El equipo Panametric contribuye a la medición del diámetro del pozo y de las conducciones que vierten al mismo sin necesidad de acceder a su interior. Asimismo, Panametric puede indicar la profundidad del pozo instantáneamente.

El conocimiento de estos diámetros es fundamental en inventarios y en trabajos de rehabilitación de redes de saneamiento. La longitud de la cabeza láser permite acceder 300 mm a todo lo largo del interior de la conducción, mitigando el error de medida por la deformación de la sección más cercana al pozo. (Panatec, 2016)

2.1.17 Revisión de red

Las inspecciones de las tuberías de desagüe y de sistemas de alcantarillado se realizan bajo la norma UNE-EN 13508-2:2003. Existen diversas tecnologías de cámaras de inspección que pueden trabajar con diámetros entre 2 cm y 2,5 cm. Pueden alcanzar 300 m lineales de inspección. Mediante las inspecciones con cámara de TV se pueden detectar en las tuberías disímiles patologías, entre las que destacan roturas, fisuras y grietas, juntas abiertas e incrustaciones superficiales, obturaciones parciales y totales. De igual modo se puede analizar el nivel de degradación de la tubería y valorar el mejor método a utilizar para su rehabilitación. (Hidrotec, 2015)

2.1.18 Compuesto tubular

El curado en sitio o la tecnología CIPP, por sus siglas en inglés (cured in place pipe), es un compuesto tubular impregnado con resina epóxica de última generación. Se instala por reversión con presión de aire, utiliza como revestimiento interior de la tubería existente. Cuando la inserción de la resina finaliza, se cura usando vapor de agua, que se riega a través de la tubería receptora.

Al finalizar procedimiento de curado, se logra un tubo de resina estructuralmente reforzada alojado en el interior del conducto existente y perfectamente ajustado, con propiedades mecánicas que permiten obtener una vida útil de más de 50 años.

Este método necesita profundos conocimientos en la materia para llegar a conseguir la rehabilitación que se desea.

En el caso renovar las redes de alcantarillado. Las intervenciones se ejecutan a través de pozos de inspección por lo que no se requiere apertura de zanjas. En acueductos estas zanjas o puntos de acceso son pequeños.

La introducción de una nueva tubería aprovecha la traza de la conducción a rehabilitar. Para esto, se insertan barras de acero sólido por el interior de la tubería existente (tubería a restituir), al llegar al otro lado, se conecta una cuchilla de corte y un expansor. El equipo, tira de las barras para generar una tensión constante sobre el tubo en la medida que la cuchilla y el expansor abren paso sobre la tubería antigua, la nueva queda instalada. (Pavco, 2013)

2.1.19 Curado

Procedimiento

La rehabilitación del alcantarillado por el uso de mangas con curado por luz ultravioleta es uno de los procedimientos de rehabilitación más rápidos que existen hoy. Los equipos de instalación contribuyen a la ejecución de obra prácticamente sin perturbaciones, tanto en ubicaciones con espacio reducido como en áreas urbanas con tráfico elevado.



FIGURA 23: Procedimiento de curado

Fuente:

Limpieza del conducto: Se realiza una limpieza de la parte a rehabilitar usando sistemas de agua a alta presión. Los obstáculos como objetos extraños, raíces, vidrio o desalineaciones de juntas son eliminados mediante trabajos con robot fresador. Si en el tramo a rehabilitar existiesen acometidas, deben ubicarse antes de la instalación de la manga haciendo uso de estos equipos de fresado. Se aísla el tramo instalando obturadores y de requerirse, se realiza un desvío de las aguas a través de medios auxiliares.

Inspección previa mediante cámara de video: La inspección con cámara de televisión ayuda a comprobar que todo está perfecto antes de iniciar los trabajos propios de la instalación de la manga.

Introducción de lámina deslizante: Se inserta en la tubería un cable a través de la cámara que mediante tiro se instala la lámina deslizante en el tramo de tubería a rehabilitar con un aceite biodegradable que cuidará y reducirá las fuerzas de arrastre de la manga a curar.



FIGURA 24: **Introducción de lámina deslizante**
Fuente:

Introducción de la manga: La manga se introduce en el colector mediante un cabestrante y las poleas correspondientes. La velocidad de introducción no debe exceder a los 5 m/min. Cuando la manga llega a su posición definitiva se corta de forma tal que sobresalga aproximadamente 0,5 metros de cada pozo.



FIGURA 25: Corte de la manga

Fuente: (Alvarez, 2014)

Montaje de capuchas de seguridad: Estos elementos se montan para asegurar la manga en los puntos donde no está contenida por la tubería como son. Dichos puntos son los pozos de registro al principio y al final del tramo y en su caso, en las zonas intermedia de pozos.

Montaje empacadoras: Se monta el primer empacador en el borde de la manga del pozo de partida. Luego se inserta el cable de curado. Para esto, se conecta el compresor con el empacador y se carga con aire comprimido.

Introducción de las lámparas de ultravioleta: Se fija la fuente de luz que corresponde al diámetro de referencia al cable de curado y se baja por el pozo. Luego de introducir la fuente de luz ultravioleta, debe instalarse el segundo empacador en el pozo de registro de destino.

Colocación de la manga: El hinchado mediante aire comprimido se efectúa en varios pasos.

- La manga se levanta despacio y por etapas con 0,02 bar/min hasta la consecución de la presión de trabajo. Se efectúan entre 3 y 5 pausas de 5 minutos durante esta fase de colocación.
- La presión de trabajo se debe mantener constantemente durante toda la fase de curado con apoyo de un compresor o soplador.

- La presión de trabajo se mantiene en unos diez minutos para asegurar que la manga no ha sufrido ninguna clase de deterioro durante la introducción. Durante este tiempo se puede realizar una inspección interna por el tren de curado ya que dispone de cámaras de televisión. (Alvarez, 2014)

Una vez realizado el ultravioleta y trasladando las velocidades y los tiempos de exposición según manuales de instalación deben registrarse los siguientes parámetros:

- Fuerza de arrastre.
- Presiones de inflado.
- Presiones de trabajo.
- Temperaturas medidas mediante las sondas.
- Velocidad de paso de la fuente de luz ultravioleta. Cuando el tren con las lámparas. Con esto se ha finalizado el curado de la manga.



FIGURA 26: Curado
Fuente: (Alvarez, 2014)

2.2 Aspectos Ambientales

2.2.1 Estudio de Impacto Ambiental Para Obras civiles

El proceso de crecimiento urbano provoca a menudo un deterioro de las condiciones ambientales, debido a la ejecución de muchas obras civiles. Las ciudades agrupan el uso de energía y recursos y la generación de desperdicios a tal punto que los sistemas artificiales y naturales se sobrecargan y disminuyen las capacidades para

manejarlos. Esta situación se ve agravada por el vertiginoso crecimiento demográfico de las urbes.

Entre los impactos más importantes y conocidos de las grandes obras civiles, se detalla la alteración del medio natural. La gran parte de las obras de peso se someten, en su fase de proyecto, a la evaluación de su impacto ambiental. La ejecución de obras civiles grandes tiene otro impacto importante sobre poblaciones y cultivos próximos. También como sobre el medio natural, que se deriva de la emisión de grandes cantidades de partículas y polvo. En el Plan de Gestión Ambiental de cualquier obra deben implementarse medidas preventivas al respecto.

Los impulsores de obras civiles tienen que evitar o disminuir todos los impactos negativos en el medio ambiente. Las obras no se deben colocar en el territorio como si fuera una maqueta, sino que deben ser integradas de forma eficiente al entorno y total, interactuando entre sí.

Los elementos que proteger, como el patrimonio, la vegetación, la atmósfera, la geología, el paisaje, suelos, patrimonio histórico, fauna artístico y cultural, entre otros, son elementos a proteger identificando los impactos sobre ellos, además de conocer las medidas preventivas correctas y compensatorias sobre los daños producidos en cada uno de ellos.

2.2.2 Etapas de Análisis

En esta etapa como lo indica su nombre, se analizan las necesidades, y se seleccionan las más relevantes para lo que se bene analizar los siguientes aspectos:

Identificar las causas que provocan la necesidad de un proyecto, tal como: modificación del medio, modificación de las características de la demanda, política de desarrollo, obsolescencia de la infraestructura existente y requerimiento de nuevas infraestructuras.

Definir los objetivos que debe satisfacer el proyecto, tales como: económicos, sociales, funcionales y de lucro.

Priorizar las necesidades en función de los objetivos prioritarios establecidos. (Herrera, 2016).

2.2.3 Preparación del Terreno

- El terreno debe limpiarse previamente antes de iniciar el trazado.
- Los límites de la propiedad se ubican con el plano catastrado. Se utiliza una cinta métrica de 15 metros o más.
- Se colocan estacas en los ángulos límites.
- Los arbustos y árboles se arrancan de raíz. Es conveniente dejar los árboles cuando no afectan la construcción, dado que estos son los pulmones de la ciudad.
- En el área en que se va a construir se extraen todas las materias orgánicas y la tierra vegetal.
- Se deben construir desagües para prever que ocurran inundaciones. Se construye la caseta para guardar materiales, donde no estorbe a la construcción.
- En invierno es se recomienda construir una galera para trabajar cuando llueva, en un lugar apartado, al fondo, se construye un excusado de hueco para el uso de los trabajadores. Cuando la construcción se termine se le riega cal y se tapa con tierra.

- Se conecta el agua desde el principio y se disponen uno o dos estañones de agua limpia. (Herrera, 2016)

2.2.4 El trazo

Antes de empezar el trazado, debe decidirse el nivel de piso terminado, tomando en cuenta la inclinación del terreno, para que la casa no quede "enterrada" y para que quede gradiente suficiente para los desagües.

2.2.5 La excavación

- Durante la excavación se debe comprobar la profundidad con un escantillón.
- En los planos las dimensiones del cimiento son las mínimas necesarias.
- Es importante sacar toda la tierra vegetal (tierra negra) del fondo de la zanja para que el hormigón ciclópeo o la losa corrida se asiente sobre una superficie firme y regular. La tierra vegetal se conoce por las raíces que contiene y además porque es floja.
- Si la capa de terreno blando es muy profunda hay que someterlo a un análisis de suelo.
- No debe chorrearse el hormigón ciclópeo o concreto sobre relleno o material suelto. (Herrera, 2016)

2.2.6 Materiales requeridos

La madera es muy utilizada, específicamente: (pino u otro tipo de madera de construcción). En casos de responsabilidad mayor y de grandes empujes, se debe

combinar el uso de perfiles de hierro con madera, o exclusivamente perfiles, y escasamente el concreto armado.

- Madera: Son piezas que tienen dimensiones conocidas de 1" x 6"; 1" x 8"; 1" x 10"2" x 8"; 2" x 10", o en su caso de 2" x 6"; y para listones de 2" x 4"; 3" x 4". Estas piezas pueden tener los bordes listos para ensamble macho y hembra. Se usarán también como puntales, rollizos en diámetros mínimos de 4" y 6". (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

- Acero: Son piezas de acero laminado en perfiles tipo "I" o "H" o perfiles combinados, soldados (ejemplo doble I) o en perfiles de sección exclusiva, lo que se denomina Estaca-Plancha metálica (tablestaca). En este caso, pueden ser de ensamble normalizado. Las dimensiones se suministran con dimensiones normalizadas, específicas para cada fabricante (Metal flex, Armco, Bethlem Steel, etc.). Los más usados son los perfiles "I" de 6"; 8" y el perfil "H" de 6" x 6". Se utilizarán además tablestacas de palanca, y tubos huecos en montaje telescópico, que pueden ser presión de aceite o trabados por rosca.

- Concreto armado: Se utilizan en piezas de prefabricado de diversas secciones (ejemplo: con ensamble hembra macho, rectangulares) o piezas fabricadas en sitio. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

2.2.7 Requerimientos

Llevar a cabo las obras civiles, implica el cumplimiento estricto de sus etapas, las mismas se detallan seguidamente:

- Identificación de la necesidad. Se identifica la razón por la cual se determina construir una obra de ingeniería civil. Para que esto sea, la necesidad debe estar justificada y tener impacto en su entorno.

- Localización. El lugar exacto para la ejecución de la obra es vital en un proyecto de ingeniería civil, pues de él dependerán costes, logística, materiales y muchos otros elementos.
- Cálculo de inversiones. Según a la necesidad y la localización, se realiza un primer cálculo de la inversión del proyecto.
- Financiación. Con base en los cálculos mencionados, que han pasado de las estimaciones al plano de la ejecución. Se analizan las opciones de financiación para el proyecto. Las mismas pueden variar según la naturaleza de éste. Los préstamos, los créditos, y las subvenciones son los más habituales.
- Estudios de impacto social/ambiental. Antes de realizar los primeros movimientos, es preciso calcular el impacto que la obra tendrá en la sociedad y el entorno.
- Documentos añadidos. Son los permisos o trámites que deben solicitarse antes de ejecutar la obra. En ocasiones puede suceder que la autoridad de una región solicite una revisión conjunta del plan del proyecto.
- Diseño. Cumplido todo esto, el proyecto entra en su fase de diseño, donde se elaboran los bosquejos, planos, diagramas y cálculos para visualizar la obra en sí misma.
- Construcción de la obra. Finalmente, asignados y definidos los recursos a los responsables de cada tarea, la obra quedará lista para ser ejecutada. (Universidad de Barcelona, 2017)

Seguidamente se muestran los principales requerimientos necesarios para los trabajadores de la obra.

- Cada trabajador debe llevar sus zapatos de seguridad con casquillo.
- Llevar un casco de protección.
- Dependiendo del trabajo a realizar, utilizar guantes de seguridad.

2.2.8 Consumo de agua

Las construcciones sustentables deben velar por disminuir el impacto sobre el ciclo del agua, en todas sus fases, inclusive en los procesos constructivos. Ello implica un uso racional del recurso, así como evita la contaminación de flujos de agua y napas freáticas.

Es fundamental tener en cuenta las consecuencias que las decisiones de desarrollo de la obra tendrán en el consumo directo e indirecto de agua en la misma. El consumo global de agua de forma general, durante el proceso de fabricación y puesta en obra de un producto merma en cuanto más finalizado salga el producto de fábrica y, como consecuencia, menores operaciones se necesitarán en obra para su instalación y acabado. Los sistemas industrializados habitualmente requieren un menor consumo de agua que las tradicionales in situ. (Valdez, 2014)

2.2.9 Consumo de electricidad

Internacionalmente, el consumo de energía se conoce como “Embodied Energy” y corresponde a la energía que se consume en los procesos de extracción, fabricación, y transporte para lograr un producto final.

Como energía incorporada se calculan valores para el hormigón, acero y moldaje, que pueden tener los siguientes valores: 9.944,63 [kwh/ton acero], 229,87 [kwh/m³ hormigón] y 1,41 [kwh/m² de moldaje] respectivamente y de 0,26 [kwh/ton-km], 0,74

[kwh/m³-km] y 0,07 [kwh/m²-km] para el transporte de estos a obra. Por último, se haya el total en el consumo energético en la construcción de la obra. (Araos, 2010)

2.2.10 Consumo de Combustible

Para calcular el consumo de combustible se utilizan a modelos de estimación empíricos o estadística, y los mecanicistas. Los modelos mecanicistas se basan en tener en cuenta las fuerzas que se involucran en el movimiento de los vehículos, considerando así la energía requerida para lograr el movimiento. Estos modelos están libres de muchas limitaciones, así la energía necesaria para conseguir el movimiento; se pueden adaptar más fácilmente a entornos diferentes a aquel en el que se crearon. (Posada, 2013)

2.2.11 Residuos y Emisiones generadas

El impacto ambiental que produce la industria de la construcción, constituye la deuda aún pendiente que deben afrontar las sociedades industrializadas para esperar este nuevo milenio. Las construcciones de las obras han generado un gran cambio en las técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción, debido que, hasta el momento, los materiales eran naturales, procedentes del entorno inmediato, propios de la biosfera, de fabricación simple y adaptados a las condiciones climáticas del territorio donde se llevaba a cabo la edificación.

La mitad de los materiales que se emplean en la industria de la Construcción provienen de la corteza terrestre. Estas producen anualmente en el ámbito de la Unión Europea (UE) 450 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD). Esto representa, más de una cuarta parte de todos los residuos que son generados. Este volumen aumenta con mucha frecuencia, siendo su naturaleza cada vez más

complicada a medida que varían los materiales utilizados. Este hecho restringe las posibilidades de reciclado y reutilización de los residuos, lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas. (Cabello, España)

Una obra civil representa un impacto ambiental cuando:

- Representa un riesgo para la salud poblacional, por la calidad y cantidad de los efluentes, residuos o emisiones.
 - Produce significativos efectos adversos en la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluyendo a los suelos, el aire y el agua.
 - Se necesita un nuevo saneamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de costumbres de grupos humanos y los sistemas de vida.
 - Cuando existen recursos, poblaciones, áreas protegidas delicadas a esta afectación. Así como el valor ambiental del territorio en que se pretende trabajar.
 - Cuando se haya una alteración significativa, en términos de duración o magnitud, del valor paisajístico o turístico de una zona.
 - Ocurre una alteración de monumentos, arqueológico, sitios con valor antropológico, en general, histórico, los pertenecientes al patrimonio cultural.
- (Hernández, 2004)

2.2.12 Tierra

Las construcciones de obras civiles, degrada el suelo por compactación o erosión causado por:

- El movimiento de tierra en el desbroce de grandes explanadas y de trincheras para viales.

- Por el uso inapropiado tecnológico y empleo de equipos pesados para estos fines.
- Afecta la flora y la fauna del lugar.
- Produce afectaciones a la capa vegetal a la vegetación existente causada por los desbroces, alteraciones del drenaje natural, explanaciones y movimiento de tierra que en su gran mayoría resultan excesivos.
- La ejecución de los viales puede provocar compactación y erosión del terreno y afectación a la vegetación por el ancho excesivo de las trochas.

2.2.13 Líquida

Los residuos líquidos (aguas residuales) que son generados en la etapa de operación de las obras, son llevadas para su tratamiento posterior, ya sea a un sistema similar de comprobada efectividad o a una planta de tratamiento de aguas residuales o. El agua que puede ser reutilizada, se aprovecha en las actividades y sectores que lo permiten. (Morales, 2014)

Estos residuos líquidos de la basura, que al ser presionados se escurren. Son una mezcla heterogénea, con un elevado potencial de contaminación. Se puede evitar que estos líquidos lleguen a los suelos. Se debe realizar una impermeabilización del fondo de relleno. Los nuevos desafíos

2.2.14 Gaseosa

Aquellos residuos gaseosos resultantes de un proceso de transformación, producción, reciclaje, utilización o consumo y que incluyan algún compuesto que tenga características inflamables, corrosivas, reactivas, infecciosas o tóxicas, que represente un

riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de según las disposiciones legales vigentes.

2.2.15 Olores

La mayor parte de los residuos que se generan en las actividades constructivas no significan problemas sanitarios inmediatos, como puede ocurrir con los residuos orgánicos domésticos, las “basuras”. Los residuos de la construcción no atraen grandes cantidades de parásitos, no desprenden olores y en general, no se degradan rápidamente. (Morales, 2014)

Para evitar posibles malos olores en las obras civiles, se monitorea el estado de operación de la planta de tratamiento, asegurando su adecuado funcionamiento para que no acarree problemas de generación de malos olores ni derrames que puedan afectar la salud de los ocupantes, trabajadores del proyecto y visitantes.

2.2.16 Restauración del sitio

Las obras civiles, dejan su impronta en los entornos donde se ha trabajado. Se generan espacios claramente degradados que necesitan de recuperación y tratamiento. La incorporación de criterios de conducta enfocados a disminuir alteraciones sobre el medio ambiente generalmente no es muy costosa, tanto en los aspectos económicos como del esfuerzo que se necesita para aplicar por el personal participante en las obras. (Canga, 2014)

2.3 Aspectos Económicos

2.3.1 Costos

La palabra costo tiene distintos significados, según las circunstancias. El concepto de costo que se aplica depende de la terminación que haya de tomarse en la empresa. En los registros financieros que provienen de la función contable de la empresa, se trata de describir lo que ha acontecido en el pasado; sin embargo, los conceptos de las decisiones correctas sobre el costo, tienen como meta proyectar lo que se espera que ocurra en el futuro como consecuencia de las formas discrecionales de actuar. Más cuando, las diferentes combinaciones de los elementos del costo se amoldan a diversos tipos de problemas administrativos.

El costo lleva intrínseco otros términos que deben definirse:

Costo: Conjunto de desembolso o erogaciones indispensables para desarrollar un producto o ejecutar un trabajo, sin utilidad.

Precio: Magnitud en que se pueden intercambiar dos bienes.

Valor: Es la capacidad que tiene una cosa de satisfacer un deseo, aspiración humana, una necesidad o una.

Valores: Son las acciones, títulos u obligaciones que se negocian en la bolsa o en los bancos.

Bienes: Son los medios que no abundan y con los cuales se satisfacen necesidades.

Se dividen en: o Bienes de consumo. (Todo lo que sirve para satisfacer algunas necesidades humanas), o Bienes de dominio público. (Parques, jardines, etcétera), o bienes raíces o inmuebles. (Terrenos, casas, etcétera). (Beltrán, 2012)

2.3.2 Costos indirectos:

Se conocen como costos indirectos a toda erogación requerida para la ejecución de un proceso constructivo, del cual se genere un producto; pero en el cual no se incluyan materiales, mano de obra, ni maquinaria. (Beltrán, 2012)

2.3.3 Costos directos

El costo directo se conoce como la suma de los costos de materiales, equipo necesario para la realización de un proceso productivo y mano de obra.

2.3.4 Presupuestos

El presupuesto de un proyecto o una obra se obtiene con la previa determinación de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo objetivo se tomó como base la experiencia alcanzada en otras construcciones de semejante índole. La forma o el método para realizar esa determinación son diferentes según sea el objeto que se persiga con ella.

Los elementos fundamentales que componen el presupuesto de una obra civil son los que siguen:

- Estudios de subsuelo y Geológicos.
- Estudios de impacto ambiental.
- Precio realización presupuesto de obra.
- Programación de obra.
- Diseño y estudios redes de Gas y energía solar Ingeniería Civil Costos y presupuestos.
- Tasas de Inspección.
- Gastos de licencias de obra.

- Tasas de conexión a las redes de servicios públicos.
- Tasas permisos por usos especiales.
- Seguros y primas de Construcción.
- Costos de formalización y cancelación de préstamos.
- Intereses sobre los préstamos.
- Otros. (Beltrán, 2012)

Para poder llegar al costo total de una obra, se debe realizar una elaboración de un presupuesto valorativo bien detallada. Dicho presupuesto valorativo es aquel donde se divide cada concepto de obra y así como los precios de cada elemento que constituye el precio unitario se pueden analizar y estudiar, desde el punto de vista de su rendimiento, costo y desperdicio. El valor de una obra muestra detalladamente el coste de cada unidad de obra y de los elementos que la conforman.

2.3.5 Análisis unitarios

Los análisis unitarios se componen por:

- **Rendimiento:** Cantidad de trabajo que se obtiene de los recursos por jornada.
- **Cuadrilla:** Número de obreros que participan en la estructura de costos de mano de obra.
- **Aporte Unitario:** Cantidad de recurso que se necesita para ejecutar una unidad determinada de una partida.

2.3.6 Componentes del presupuesto

Materiales

En todas las obras de construcción, se necesita del uso de varios materiales para la construcción, su valor de adquisición es fundamental en la elaboración de los costos y

el porcentaje de su influencia, por lo que nunca debe dejar de considerarse ninguno, debiendo manejarse con mucho cuidado los elementos que lo forman.

Al realizar un proceso productivo, se integran materiales, elaborados, semielaborados, mano de obra y equipo para obtener un producto; razón por la cual, los precios base de los materiales, serán parte de costo unitario con valores, en función del tiempo y del lugar de aplicación.

Mano de obra

El cálculo del costo de la mano de obra en las empresas constructoras es un problema muy complejo y dinámico. Ese carácter dinámico es determinado por el costo de la vida, además del desarrollo de diferentes procedimientos constructivos, debido a nuevos materiales, tecnología, herramientas etcétera. Su complejidad, cambia según a la facilidad o dificultad de ejecución, el riesgo o la seguridad en el proceso, la magnitud del proyecto, las relaciones laborales, el sistema de pago, etcétera. También, según las condiciones climáticas, las costumbres locales y, en general cada característica que define una forma de vida, afecta directa o indirectamente el valor de la mano de obra. (Beltrán, 2012)

Herramientas

El desgaste y la depreciación y de las herramientas que usa el operario, representaría un estudio demasiado extenso y quizá poco significativo, habitualmente se ha consignado un rango de valores entre el uno y el cinco por ciento, no obstante, por costumbre, se ha tomado un valor del tres por ciento. Este es aceptado para el desarrollo de los análisis de precios unitarios. Esto se refleja a la empresa que lo eroga para reposición del utensilio o en su caso al operario, que en empresas específicas acostumbran solicitar que el trabajador utilice su propia herramienta.

Materiales

En la construcción de las obras, se necesitan diversos materiales como arenas, maderas, metales, etc. El análisis de costos de los materiales se realiza por separado para evaluar su intervención en la formulación de los precios unitarios. Los materiales básicos o auxiliares representan costos directos por que pueden utilizarse de manera repetida en las matrices de precios unitarios de los conceptos de trabajo; se les conoce también como compuestos. Es el caso por ejemplo de los concretos, mezclas y lechadas. (Beltrán, 2012)

Equipos

El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que se obtiene de dividir la hora efectiva de trabajo del importe del costo horario, entre el rendimiento de dicha maquinaria en la misma unidad de tiempo, según la siguiente expresión:

ME” Representa por maquinaria o equipo de construcción el costo horario.

“Phm” Representa por hora efectiva de trabajo de la maquinaria o equipo de construcción considerados como nuevos el costo horario directo; para calcularlo, será necesario tener en cuenta la operación y uso adecuado de la máquina o equipo que se haya seleccionado, según sus características de capacidad y especialidad para desarrollar el concepto de trabajo que se necesite. Este costo se integra con consumos, costos fijos, y salarios de operación, calculados por hora efectiva de trabajo.

“Rhm” Representa el rendimiento horario del equipo, considerados como nuevos dentro de su vida económica, en las condiciones concretas del trabajo a ejecutar y en las correspondientes unidades de medida, que debe hacer referencia a la cantidad de unidades de trabajo que la máquina ejecuta por hora efectiva de operación, según los rendimientos que determinen, en su caso, la experiencia del contratista, los manuales de los fabricantes respectivos, así como las características ambientales de la zona donde se realizan los trabajos.”

Presupuestos

El presupuesto de obra se define como la estimación económica o valoración prioril de un servicio o producto. Se basa en el análisis del total de los costos involucrados en la construcción de la obra, aumentados con el margen de beneficio que se tenga previsto. Para realizar el presupuesto de obra de un proyecto se deben seguir los siguientes pasos básicos a nivel general son:

- Registrar y detallar los distintos conceptos de obra que intervengan en el proyecto.
- Hacer las cuantificaciones y anotaciones de cada concepto de obra.
- Conocer el precio unitario de cada concepto de obra.
- Multiplicar el precio unitario de cada concepto por su medición respectiva.

(Beltrán, 2012)

CAPÍTULO III: MARCO CONTEXTUAL

3.1 Agua potable y saneamiento en Ecuador

En Ecuador aumentó considerablemente la cobertura de agua potable y saneamiento en los últimos años. Independientemente las características del sector son las siguientes:

- Niveles bajos de cobertura en áreas rurales especialmente.
- Pobre eficiencia y calidad del servicio.
- Una recuperación limitada de costos y un nivel alto de dependencia en las transferencias financieras de los gobiernos nacionales y subnacionales. Incluso, existe una superposición de responsabilidades, entre los distintos niveles gubernamentales y dentro del gobierno nacional.

Acceso

Tabla 1 Cobertura del abastecimiento de agua

Ecuador Zonas Urbanas	Cobertura Nacional de agua potable	Cobertura Nacional de alcantarillado
Promedio	71,6%	59%

Fuente: (Secretaría Nacional del Agua, 2014)

En el 2010, el por ciento de cobertura del abastecimiento de agua (conexiones domésticas), fue de 96% en las zonas urbanas y en las rurales de 74%. Sin embargo, el acceso a un sistema adecuado de saneamiento fue de 84% en zonas rurales, y 96% en las urbanas. La cobertura de los servicios de saneamiento y agua generalmente es menor en el Oriente y la Costa que en la Sierra. También, la cobertura del abastecimiento denota amplios cambios según el ingreso. Dicha cobertura ha alcanzado el 90% aproximadamente en los tres primeros deciles de ingreso en las zonas urbanas, solamente comparados con niveles de solo un 60% en los tres últimos deciles de ingreso.

3.2 Calidad de los servicios

El servicio de agua es se ve interrumpido en la mitad de los centros urbanos. La presión del agua se encuentra por debajo de la norma, fundamentalmente en los barrios marginales. En el 30% de los centros urbanos no existe un tratamiento de agua potable de aguas superficiales. De las aguas servidas el 92% se descargan sin ningún tratamiento. Según un estudio de sostenibilidad realizado en 2004, en las zonas rurales, el 38% de los sistemas colapsados y el 20% tienen deterioro grave. Un 29% presenta un deterioro leve y solo el 13% se consideran sostenibles.

3.3 Responsabilidad para agua y saneamiento

Dentro del estado existen políticas que se contradicen a la hora de asignar los recursos al sector. Actualmente, no existe un sistema de información, evaluación y monitoreo para el sector. Ocurre una discrepancia entre las instituciones, que no permite definir límites entre las responsabilidades de cada institución.

3.4 Política

La Subsecretaría de Agua potable, Saneamiento y Residuos Sólidos SAPS y RS, se encuentra investida legalmente con la facultad de establecer políticas sectoriales. Sin embargo, no existe aún una definición detallada de las responsabilidades y roles de los distintos actores nacionales y subnacionales. De igual modo, existe carencia de un personal regulador y autónomo regulador de los servicios de saneamiento y agua. En el sector los actores incluyen al Banco del Estado (BdE), al Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), disímiles ministerios del gobierno, gobiernos provinciales y municipales, entre otros.

Independientemente de que en Ecuador se cuenta con una Política Nacional de saneamiento y agua, conocido como: Decreto Ejecutivo N^o 2766 del 30 de Julio de 2002.

Esta política no está formulada en términos dinámicos, con lo que se limita a definir posiciones en cuanto a temas delicados como las inversiones y los subsidios en saneamiento y agua, así como a quien debería recibirlos.

3.5 Provisión de servicios

Las 219 municipalidades del país constituyen las principales responsables de entregar los servicios en los cascos urbanos municipales. Esto puede ser a través de empresas municipales autónomas o directamente. En Guayaquil, en el año 2001, se ha delegado el servicio a la empresa privada Interagua, mediante una concesión. La empresa prestadora municipal ECAPAG se transformó al mismo tiempo en el ente regulador de la empresa privada.

Más de 5,000 Juntas Administradoras de Agua Potable en áreas rurales prestan los servicios. La mayoría subsisten a su suerte en condiciones de total abandono. Esto ocurre debido a niveles de tarifas extremadamente bajas, una falta de una institución dedicada al apoyo a las Juntas desde hace la disolución del IEOS en 1992.7 y el descuido de las fuentes.

3.6 Historia y acontecimientos recientes

El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), entre los años 1965 y 1992, una empresa pública nacional, tenía la responsabilidad de brindar servicios de agua y saneamiento en Ecuador.

En el 92, el sector se descentralizó con la Ley de Descentralización y se atribuyó la rectoría del sector al MIDUVI. Entonces el IEOS se fusionó con el MIDUVI. Muchos municipios, específicamente los medianos y pequeños municipios, tenían poca capacidad para ofrecer los servicios de agua potable y saneamiento. En 2001 con, el gobierno nacional comenzó a brindar asistencia técnica a dichos municipios para fortalecer sus capacidades.

3.7 Tarifas y capacidad de pagos

Un estudio realizado en 2001 concluyó que, en el ámbito nacional, las tarifas cubrían al menos dos tercios de los costos de mantenimiento y operación del sistema. Se requieren transferencias del gobierno nacional y subnacional (provincial y municipal) para abarcar toda la brecha en los costos de operación y mantenimiento, así como financiar la expansión de la cobertura.

Por otro lado, en 1998 los hogares que reportaban gastos por agua en la encuesta nacional de vida especificaron que estos eran, el 1.7% de sus gastos totales en promedio. Este porcentaje era más alto en áreas urbanas (1.9%) que en el área rural amanzanada (1.3%) y el rural disperso (0.9%). En el decil más pobre, este porcentaje era 1.9% en el marco del promedio del país, pero en áreas urbanas 3.3%. Estos gastos incluyen gastos por agua comprada de carro-tanques, pero excluyen los gastos por el saneamiento.

3.8 Programas de inversión y financiamiento

Una multitud de actores nacionales y subnacionales se encargan de financiar las zonas rurales y urbanas de agua. Ello ocurre bajo diferentes términos y condiciones. Entre las modalidades de intervención, existen algunas que contribuyen a la cooperación entre las municipalidades y los usuarios. Sin embargo, la mayoría responde al calientísimo y al asistencialismo, por lo cual subestiman la importancia que tiene la participación e integración para lograr la apropiación y sostenibilidad de las obras por parte de la comunidad.

El gobierno por su lado ha dado recientemente un paso crucial para mejorar el incentivo en saneamiento y agua. A través de la adopción del decreto Ejecutivo N^o 2562, el cual se publicó el 21 de febrero de 2005. El mismo asigna parte de los productos del Impuesto sobre Consumos Especiales (ICE), que grava los servicios de telecomunicaciones favoreciendo las transferencias gubernamentales a las municipalidades y destinadas únicamente a la inversión de saneamiento y agua en el sector. Para las comunidades pobres, el nivel de transferencia es mayor, incluso mejor, para aquellas que mejoran el rendimiento de los operadores o deciden relegar la entrega

de los servicios operadores autónomos. El sistema de transferencias subnacionales proporciona así incentivos enfocados al mejoramiento del rendimiento y poder lograr arreglos más sostenibles localmente.

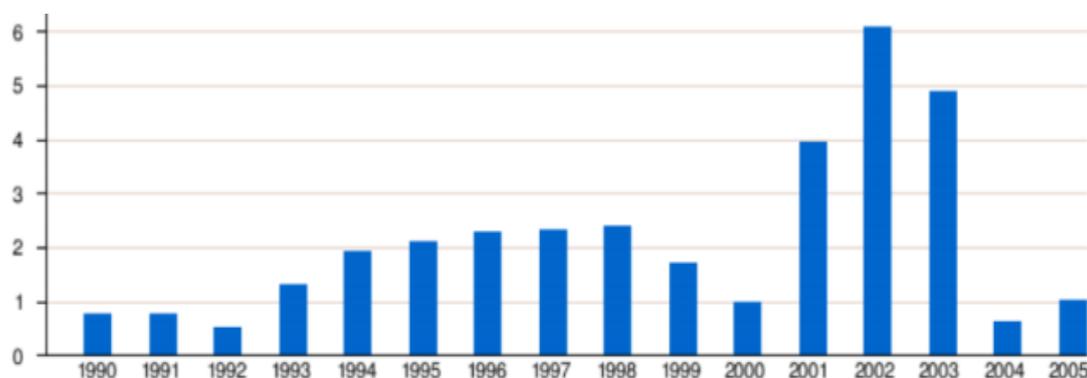


FIGURA 27: Inversión y financiamiento
Fuente: (Secretaría Nacional del Agua, 2014)

Entre los años 1990 y 2005 fueron invertidos US\$ 409 millones en alcantarillado y agua potable a nivel municipal. Como puede observarse en el anterior diagrama, en 2002 fue alcanzado el punto más alto donde se gastó US\$ 6.1. No obstante, entre 1990 y 2005 el promedio anual fue de tan solo US\$ 2.1 per cápita. El nivel de inversiones en el sector ecuatoriano es bajo, si se compara con países como Perú y Colombia.

Los programas de agua potable y saneamiento en 2008 fueron:

Programa PRAGUAS para pequeñas ciudades y áreas rurales en el apoyo del Banco Mundial.

Programa de agua y saneamiento para las ciudades intermedias (PRASCI), en apoyo del mejoramiento del desempeño de las Empresas Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (EPS), en las ciudades que abarcan entre 1000.000 y

300.000 habitantes. El programa se encuentra en preparación, y es asistido por el Banco Interamericano de Desarrollo.

Programa de Agua Potable y Saneamiento-Subvención Fiscal, valorado en US\$26 millones.

Programa de Estudios y Diseños de Agua Potable y Saneamiento a Nivel Nacional para desarrollar estudios realizados por el Fondo de Agua Potable y Saneamiento (FONASA).

Cuenta Especial de Reactivación Económica Productiva y Social (CEREPS), alimentado por los ingresos del estado que provienen del crudo pesado conocidos como: Fondo de Estabilización, Inversión Social y Productiva y Reducción de la deuda Pública (FEIREP).

PROMADEC, orientado de dotar a las zonas que se encuentran en los tres primeros quintiles de pobreza de servicios básicos como: agua potable, saneamiento y buen manejo de residuos sólidos. Le ejecución se realiza por municipios y conllevan y presupuesto de US\$ 250 millones. (Secretaría Nacional del Agua, 2014)

3.9 Cooperación externa

El gobierno de Ecuador recibe un apoyo externo de varios donantes para inversiones y asistencia técnica en agua potable y saneamiento.

3.10 Cooperación multilateral

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sustentó las inversiones en las tres ciudades más grandes del país, las cuales son: Quito, Cuenca y Guayaquil, por medio de diez programas con un total de US\$ 400 millones. El BID aprobó en 2006 dos nuevos préstamos; uno de US\$112.79 millones para Quito y otro de US\$62.25 millones para la ciudad de Cuenca.

Entre los años 2001 y 2007, El Banco Mundial participó de una forma más estrecha en el desarrollo de la Política Nacional de Agua y Saneamiento en el 2002. Además del decreto del año 2005 sobre transferencias del sector de saneamiento y agua. También contribuyó a desarrollar el proyecto PRAGUAS¹, realizando un préstamo de US\$ 48 m. A partir del 2001 este proyecto brindó apoyo para ampliar la cobertura, proporcionando de esta manera incentivos para lograr una mayor calidad en el servicio, además de la recuperación de los costos. También, brindó asistencia técnica e incentivos financieros a aquellas comunidades interesadas en delegar sus servicios de agua, con lo que se logró satisfacer las necesidades de eficiencia, calidad y recuperación de costos de los servicios.

En términos de cobertura, proporcionó nuevos sistemas de abastecimiento de agua a 252,000 personas y saneamiento en sitio a 127,000 personas. Mientras se desarrolló este proyecto, se implementaron efectivamente, modelos de gestión de servicios. PRAGUAS fue aprobada por el Directorio del Banco Mundial en 2006.

Varios proyectos de agua y saneamiento en Ecuador se vieron apoyados por La Corporación Andina de Fomento. Se realizó un préstamo de US\$ 25 millones para un Programa de Agua Potable y Saneamiento, aprobado en 2006 para la Empresa

¹ Programa de Agua Potable y Saneamiento para Comunidades Rurales y Pequeños Municipios.

Municipal de Agua Potable Alcantarillado en Quito. (Secretaría Nacional del Agua, 2014)

3.11 Cooperación Bilateral

Desde el 2003, el gobierno de Bélgica apoyó el Programa de Agua Potable Para la Sierra Norte (APOSINO), un programa dedicado a la asistencia técnica en las provincias de Imbabura y Carchi.

La Organización Internacional para las Migraciones (OIM), con financiamiento de USAID de los Estados Unidos ejecutó un programa de desarrollo para la región del norte de Ecuador en pequeñas ciudades y áreas rurales. De 2001 a 2007 fueron invertidos 63 millones de dólares.

3.12 Organizaciones no Gubernamentales

La organización CARE, labora en 15 provincias del país, haciendo énfasis en las áreas rurales, especialmente se les dió prioridad a las fronteras norte y sur, colaborando con los municipios. En su programa se trazan métricas para mejorar las condiciones de vivienda de para niños, instruyendo a familias de comunidades rurales de Ecuador en la construcción de letrinas. Un total de 320 familia han construido sus propias letrinas, con lo cual ha mejorado la situación higiénica y disminuido las enfermedades. (Secretaría Nacional del Agua, 2014)

3.13 Investigaciones Relacionadas al Tema

Trabajos realizados con método sin zanja en Países

La tecnología sin zanja ha sido adoptada por disímiles países. Uno de ellos ha sido Perú, donde se han evaluado los sistemas de distribución de agua potable en diversos distritos de Lima, para identificar los tramos de tubería que requieren remplazo.

La evaluación consistió en lo siguiente:

- Levantamientos topográficos.
- Estudios de población, caudal y demanda.
- Evaluación e inventario de las condiciones de la tubería existente.
- Modelos hidráulicos de los sistemas de alcantarillado y agua.
- Estudios geotécnicos.
- Estudio de alternativas disponibles.
- Preparación de la documentación del contrato.
- Preparación de manuales de mantenimiento y operación.

Dicha evaluación determinó que el sistema de agua tenía aproximadamente 74 km. de tubería, y de ellos unos 57 km. (77%) necesitaban remplazo o rehabilitación. Se definió que el sistema de alcantarillado tenía alrededor de 72 Km, de los que 11 km. (15%) requerían remplazo o rehabilitación aproximadamente.

Se realizó un análisis de las tecnologías existentes para realizar los remplazos. Luego se seleccionó la fragmentación de tuberías para ser implementada con el método tradicional de corte abierto. (Sedapal. , 2017)

Por otro lado, se conoce que Medellín es la primera ciudad de Colombia en la que se han renovado las tuberías sin romper las calles. La capital de Antioquia ha sido objeto de una intervención de tecnología sin zanja, para modernizar 40,6 Km de redes de acueducto y 34,6 Km de alcantarillado. (Rodríguez, 2014)

El uso de las tecnologías sin zanja, también ha beneficiado a España, país que también ha adoptado esta renovadora técnica. La Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja, Ibstt, fue constituida en julio de 1995 con el objetivo de desarrollar, difundir y promover los conocimientos y prácticas de la Tecnología SIN Zanja en beneficio de los ciudadanos y el medio ambiente.

Bstt desarrolla su labor en la apuesta clara de dar un paso más por convertir sus ciudades en lugares más saludables, sostenibles y prósperos, que brinden una buena calidad de vida a todos los ciudadanos a través del conocimiento y aplicación de las nuevas Tecnologías en el ámbito de la Innovación y la Sostenibilidad.

En este país se ha valorado que las Tecnologías SIN Zanja tienen, entre otras muchas, dos ventajas específicas respecto a la construcción tradicional, que las hace imprescindibles y únicas en una ciudad que presuma de actual, moderna e inteligente:

- Reducen significativamente los costes sociales.
- Son un factor clave en la lucha contra el cambio climático. (Ortega, 2017)

3.14 Marco Macroeconómico del Ecuador

El Marco Macroeconómico se conforma por el conjunto de variables macroeconómicas más relevantes que expresan el contexto de la política social y económica, como: balanza de pagos, producto interno bruto, consumo, inversión, salarios, precios, tasas de interés, empleo, tipo de cambio etc. Con base en sus expectativas es posible adecuar los objetivos, metas y designación de recursos de los programas y presupuestos formulados.

3.15 Producto Interno Bruto

En el Ecuador en el transcurso de su historia ha sufrido cambios que han impactado en la economía ecuatoriana, siendo el más cercano el feriado bancario arrastrado por la crisis financiera del siglo pasado e inicios del 2000. Dicha crisis trajo consigo el cambio de moneda comenzando el proceso de dolarización en el país, con el que se alcanzó una estabilidad financiera luego de haberse reducido los niveles de inflación, comenzándose a percibir una mejora en la economía nacional, ayudado en gran medida por los incrementos en los precios del petróleo (Cevallos Gordón, 2015).

Otro de los impactos percibido fue el ocasionado por la crisis mundial originada por la burbuja hipotecaria, en la cual se tuvieron que involucrar las instituciones bancarias extranjeras para inyectar liquiden en la economía y evitar el desplome del sistema financiero, aunque se ha de señalar que en esta ocasión el impacto no afecto en gran medida a la nación (Cevallos Gordón, 2015).

Con respecto a los últimos años se ha comenzado a percibir un resurgimiento de las debilidades en el sistema económico del Ecuador y su dependencia del petróleo, al experimentarse una tendencia a la disminución a finales del 2014 del precio del mismo. Con esto el Gobierno Central se ve necesitado de tomar medidas entre las que surge la reducción del presupuesto nacional para los años 2015 y 2016, así como la implementación de nuevos impuestos, y la solicitud de financiamiento a entidades externas, aspectos que produjeron un impacto negativo en el desarrollo de la economía, así como el descontento de la población en general (Cevallos Gordón, 2015).

3.16 La Inflación

En la realidad ecuatoriana “La inflación es medida estadísticamente a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana (IPCU), a partir de una canasta de bienes y servicios emplazados por los consumidores de capas medios y bajos, determinada a través de una encuesta de hogares (Banco Central del Ecuador).

La economía en Ecuador es sustentada en base al sector agro-exportador y minero exportador, en menor medida el sector industrial cuyas producciones en su mayoría son para el mercado interno. Da estas características se encuentra estimado dentro de los países en vías de desarrollo. En el transcurso de su historia el país ha venido manejando problemas estructurales que han volcado en aspectos sociales como la pobreza, dificultades en el sector educativo, migración, falta de salud, vivienda, empleo etc., otros factores económicos como el déficit fiscal, elevadas tasas de interés, bajo nivel de productividad, reducida inversión extranjera, exceso de gasto público, burocracia, deuda externa, condiciones que se han vuelto de difícil solución (Banco Central del Ecuador).

Según el Banco Central del Ecuador la inflación anual se ha ido desarrollando como se puede distinguir en las siguientes tablas y gráfico.

Tabla 2 Inflación Anual del Ecuador durante 2006-2015

INFLACION ANUAL	
Año	Inflación
2006	2,87
2007	3,32
2008	8,83
2009	4,31
2010	3,33
2011	5,41
2012	4,16
2013	2,70
2014	3,67
2015	3,38
Junio 2016	1,59

Fuente: (Banco Central del Ecuador)

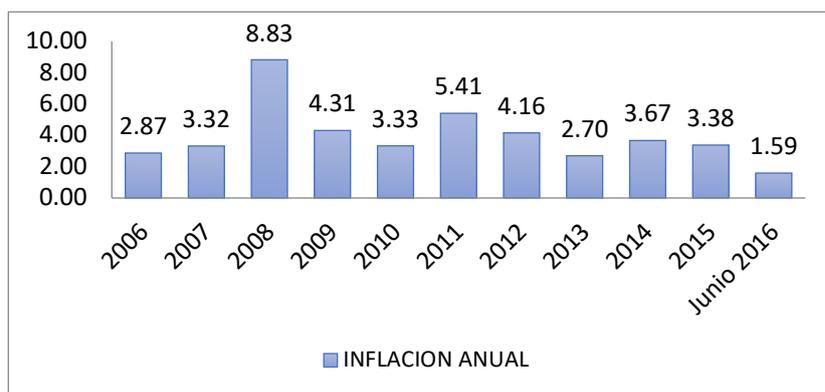


FIGURA 28: Inflación Anual del Ecuador durante 2006-2015
Fuente: (Banco Central del Ecuador)

Analizando los datos obtenidos del Banco Central de Ecuador, se puede interpretar que existe un comportamiento oscilatorio, siendo los picos más altos en el año 2008 con tasas de crecimientos de 8,83% y siendo el más bajo el correspondiente al año 2013 con valores de 2,70%. Sin embargo, en los últimos 3 años se observa una disminución en las tasas de crecimiento siendo de 3,67% en el 2014, 3,38% en el 2015 y hasta junio de 2016 se observa un crecimiento de 1,59%.

El proceso inflacionario es una de las debilidades que ha tenido que afrontar Ecuador en el transcurso de su historia con momentos de alza y otros de baja, aun con los esfuerzos de los distintos gobiernos dicho fenómeno no se ha podido controlar, aunque el proceso de dolarización de la economía en su momento logró socorrer los altos valores inflacionarios, se aprecia que a largo plazo dicha medida no logrará mantener la estabilidad de los precios en el país (Cevallos Gordón, 2015).

3.17 Análisis

Los datos anteriormente realizados muestran una disminución de la inflación en los últimos años lo que constituye una oportunidad para el proyecto de inversión, puesto que este influye directamente sobre los índices de precio al consumidor.

Presupuesto General del Estado

El presupuesto general del estado perennemente ha sido muy notable en toda economía de los pueblos, en el caso particular de Ecuador ha manifestado cambios importantes como los que se puede identificar en la siguiente tabla y figura.

Tabla 3 Evaluación del Presupuesto General del Estado 2007 – 2015

PRESUPUESTO GENERAL DEL ESTADO		
Datos en Millones de Dólares		
AÑO	PRESUPUESTO	% INCREMENTO
	INICIAL	PRESUP. INICIAL
2007	9.768,00	
2008	10.358,00	6,04%
2009	22.924,00	121,32%
2010	21.282,00	-7,16%
2011	23.950,00	12,54%
2012	26.109,00	9,01%
2013	32.366,00	23,96%
2014	34.300,00	5,98%
2015	36.317,00	5,88%

Fuente: (Ministerio de Finanzas, 2015)

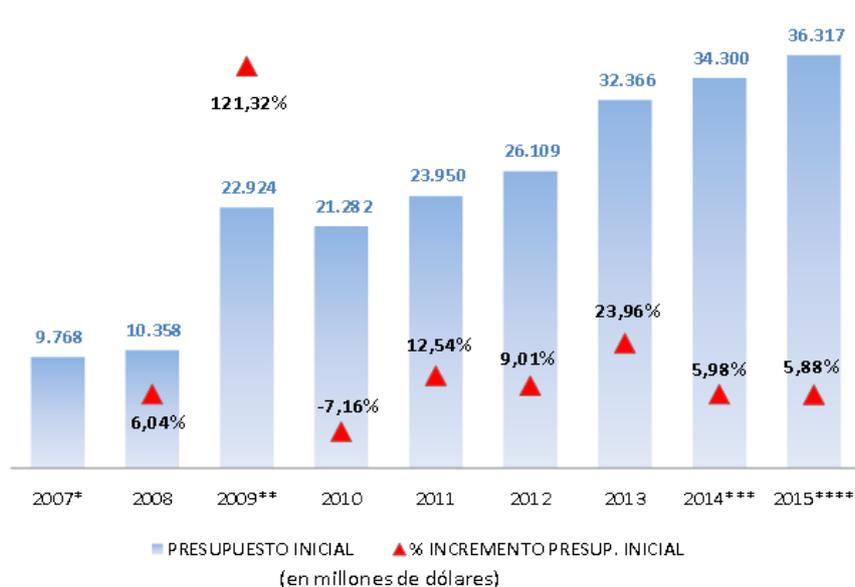


FIGURA 29: Evaluación del Presupuesto General del Estado 2007 - 2015
Fuente: (Ministerio de Finanzas, 2015)

Análisis

La situación que se mostró anteriormente, adicional al decrecimiento del presupuesto general del estado para el año 2016, el cual, agregado a las afectaciones provocadas por el terremoto del pasado mes de abril, trae consigo una influencia negativa en la economía nacional y por supuesto en el sector productor de jugos naturales, lo que constituye una amenaza para este.

Producto Interno Bruto

Como se puede observar en los datos que se muestran en la siguiente tabla, la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) ha tenido una tendencia oscilante durante el todo el periodo, existiendo etapas de ascenso y otras de descenso nunca siendo estas mayores a 3 años, siendo los picos más altos los años 2004, 2008 y 2011 con unas tasas de crecimiento de 8,21%, 6,39% y 7,87% respectivamente., mientras los periodos de mayor descenso corresponde a los años 2003, 2007 y 2009 con tasa de 2,72% ,2,19% y 0,57% consecutivamente (Banco Central del Ecuador).

Tabla 4 PIB Ecuador periodo 2003-2015

PIB ANUAL		
AÑO	PIB	Tasa
		Crecimiento
2008	54.250.408,00	6,4
2009	54.557.732,00	0,6
2010	56.481.055,00	3,5
2011	60.925.064,00	7,9
2012	64.105.563,00	5,2
2013	67.081.069,00	4,6
2014	69.631.545,00	3,8
2015	71.720.491,35	3,0

Fuente: (Banco Central del Ecuador)

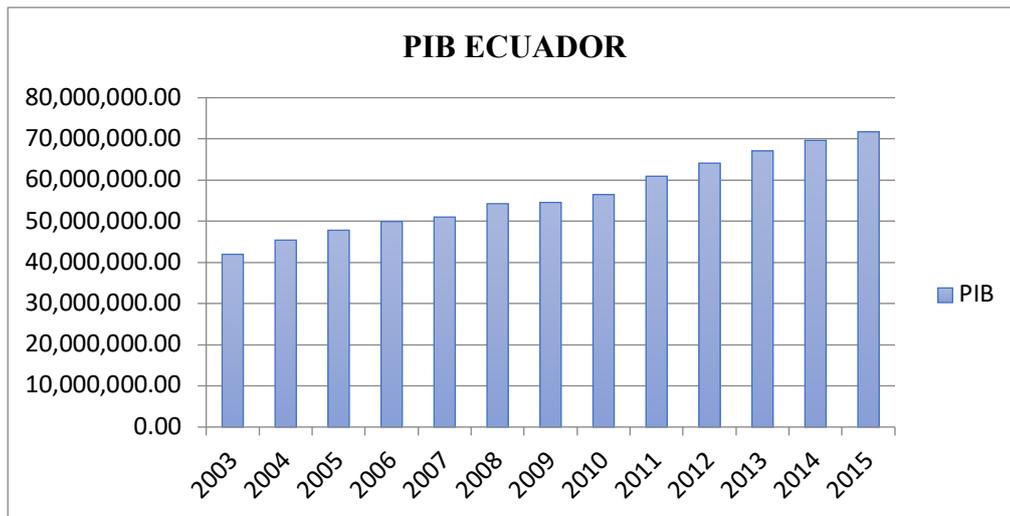


FIGURA 30: PIB Ecuador periodo 2003-2015

Fuente: (Banco Central del Ecuador)



FIGURA 31: Tasa de Crecimiento del PIB Ecuador periodo 2003-2015
Fuente: (Banco Central del Ecuador)

Análisis

Los datos anteriormente analizados muestran un periodo de recesión en el país lo que afecta de forma general la economía del mismo y con ella el sector productos de jugos naturales, lo que representa una amenaza para el mismo.

Las obras de Ingeniería Civil

En los últimos años, en Ecuador se han desarrollado disimiles obras, ejemplo de ello son las siguientes:

La construcción de instituciones educativas, y equipamiento para hospitales, hidroeléctricas y otras obras, son algunos de los proyectos desarrollados. Para estos específicamente se destinarán USD 4 254 millones. Este monto, significa el 78% de los 5 454 millones del Plan Anual de Inversión 2017. De esta forma, la mayoría de los recursos se emplearán en los proyectos de inversión que estaban en avanzados, y que por ende tenían una parte ya devengada, comprometida o en espera. (Pacheco, 2017)

El monto que resta, alrededor de USD 1 200 millones, pertenece a proyectos que se están ajustando a los nuevos programas del actual Gobierno. Esto fue explicado por Andrés Mideros, titular de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). La información se expuso ante la Comisión de Régimen Económico de la Asamblea Nacional, el 21 de agosto del 2017, en la presentación del Plan Anual de Inversión 2017, la cual forma parte de la Pro forma presupuestaria para el presente año. El documento se aprobó por la Comisión y se espera que haya sido aprobado el 29 de agosto del actual año. Según esta programación, el rubro más importante corresponde a obra pública y a recursos no renovables.

También constan intervenciones relacionadas con vialidad, trabajos de transmisión y distribución eléctrica, reconstrucción tras el terremoto de abril del 2016, proyectos de telecomunicaciones y las grandes hidroeléctricas. En el ámbito social, los recursos están destinados para alimentación escolar, equipamiento de hospitales, infraestructura y fortalecimiento de la educación técnica universitaria. También, en este programa se dará prioridad a los proyectos de vivienda y de seguridad. Aunque la mayor parte del plan se encuentra destinada a obra pública, Jaime Carrera, del Observatorio de la Política Fiscal, a cotado que los proyectos hidroeléctricos, tienen el mayor peso en este rubro, los cuales se construyen hace varios años. (Pacheco, 2017)

Para el titular de Senplades, el propósito de destinar más recursos a infraestructura pública y a sectores con un enfoque social -como educación y salud- pretende garantizar que los ecuatorianos tengan una vida con iguales oportunidades, impulsar la competitividad y productividad entre otros. El actual plan de inversiones tiene un incremento de USD 100 millones en relación con el implementado en el 2016. Esto es

explicado por el Observatorio de Política Fiscal, por la implementación de la Secretaría Técnica Toda Una Vida, que contempla programas de construcción de vivienda, como Casa Para Todos.

En el 2016, se habían ejecutado 4 425 millones de los USD 5 349 millones contemplados en el Plan de Inversión, hasta noviembre del año anterior. Mientras que, del Plan actual, se han ejecutado 2 112 millones hasta junio del 2017. Para cumplir con el plan en los cuatro meses que restan del año. Además, así se podría alcanzar ese 0,7% de crecimiento que se proyecta para este año. (Pacheco, 2017)

También se desarrolló un puente de 60 metros de longitud, ubicado en la vía Riobamba – Guayaquil, en el sector de Charguayaku. El puente se elaboró con materiales prefabricados y reforzados; tiene dos apoyos externos y una estructura estática. Fue diseñado para unificar los dos extremos de la carretera en una curva peraltada. La obra se inauguró la tarde del jueves 4 de mayo del 2017. En febrero del 2016, el fuerte invierno causó el socavamiento y pérdida de la mesa vial del puente anterior, por lo que durante un año la conectividad en esa vía se reestableció temporalmente con la instalación de un puente Bailey. (Márquez, 2017)

Por otro lado, se ha estado trabajando en la reducción de la mancha gris del parque Bicentenario. El retiro del asfalto de lo que fue la pista del exaeropuerto Mariscal Sucre de Quito se ejecuta desde diciembre del 2016. Hasta el momento, estos trabajos se concentran donde funcionaba la cabecera norte, a la altura de la estación de los bomberos. La zona donde se remueve la capa asfáltica se encuentra cercada. Allí, con grandes maquinarias: fresadora, minicargadoras, pala mecánica, tanqueros, volquetas, un grupo

de 29 operarios extrae el material rígido que aún forma parte de esta área recreativa. (Pacheco, 2017)

3.18 Salarios Mínimos

Ecuador se diferencia por ser uno de los países donde la generación de patrimonios es uno de los más complicados de América Latina. Existen profundas diferencias en cuanto al ingreso, donde el 20% de la población más adinerada posee el 54.3% de la riqueza y el 91% de las tierras productivas. Por otro lado, el 20% de la población más pobre apenas tiene acceso al 4,2% de la riqueza y tiene en propiedad sólo el 0,1% de la tierra. (SIISE, 2001).

Uno de los aspectos que caracterizan a la sociedad ecuatoriana es la desigualdad social, y no solo en el ámbito social si no también regional y de género. Sin embargo, en los últimos años se han comenzado un grupo de medidas paliativas orientadas a que los hombres y las mujeres tengan una participación más igualitaria, acciones que se hallan respaldadas por la Constitución del país, pero que hasta la fecha carecía de medidas reales para que su aplicación. De este modo, el Gobierno ecuatoriano se ha trazado como objetivo desterrar la desigualdad en el país, para el cual ha alcanzado importantes avances en sus niveles de desarrollo social en las últimas décadas. El crecimiento ha sido inclusivo, con un efecto directo en la reducción de los niveles de pobreza y desigualdad, y en el crecimiento de la clase media. Entre 2006 y 2014, la pobreza medida por ingresos (usando la línea de pobreza nacional) disminuyó del 37,6% al 22,5%, mientras que la pobreza extrema se redujo desde el 16,9% hasta el 7,7%. (Banco Mundial, 2015).

Además, la reducción de la desigualdad ha sido más rápida que en la media de la región: el coeficiente de Gini se redujo de 54 a 46,7 entre 2006 y 2014, gracias a que el

crecimiento benefició más a los más pobres. Entre 2000 y 2011 el crecimiento más pronunciado del ingreso se produjo en los dos quintiles más pobres: los ingresos del 40% más pobre de la población crecieron un 8,8%, comparado con el 5,8% promedio del país. (Banco Mundial, 2015).

Análisis

El mercado laboral ha experimentado tasas de crecimientos debido a las mejoras en el ámbito laboral, lo que ha permitido que disminuya los niveles de pobreza que alcanzó en el 2012 un nivel de 27,3%; cifra que muestra una mejoría respecto a aquella registrada en el 2007 de 37,6%. Lo que representa una oportunidad para la empresa.

3.19 Remuneración Básica Unificada

La remuneración básica unificada ha manifestado un comportamiento incremental en los últimos años siendo de 318 USD en el 2013 y llegando a 366 USD en el año 2016 como se muestra en la siguiente figura.

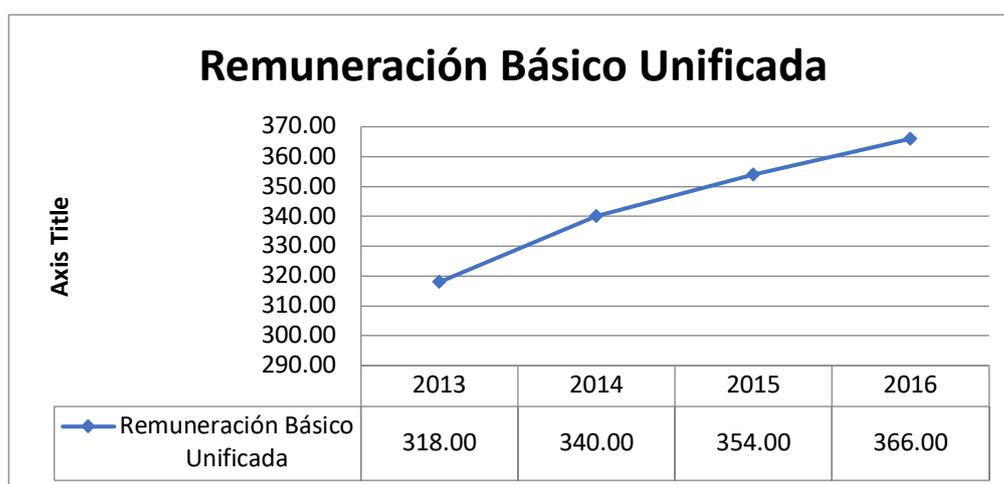


FIGURA 32: Remuneración Básico Unificada 2013 – 2016
Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2016)

Análisis

Los valores de la remuneración básica unificada muestran un comportamiento incremental lo que constituye una oportunidad para la empresa por el incremento del poder adquisitivo de la población.

A modo de resumen se puede observar que las causas antes mencionadas son indicios de una recesión en la economía del país, y es que el crecimiento económico del segundo trimestre del 2015 registró una tasa negativa de 0,6% frente al último trimestre del 2014. El tercer trimestre la economía vuelve a mostrar una tasa de crecimiento negativa frente al trimestre previo, por lo que se observa que el país ha entrado formal y técnicamente en recesión económica.

3.20 Aumento del Desempleo

El desempleo a nivel nacional en Ecuador se ubicó en 4,28% en septiembre frente al 3,90% del mismo mes del año 2014, lo que no representa una diferencia estadísticamente significativa, según la última Encuesta Nacional de Empleo y Desempleo (ENEMDU) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (INEC, 2015).

“Según esta encuesta, el desempleo urbano se ubicó en 5,48% en septiembre 2015, 0,82 puntos porcentuales más que lo registrado en septiembre del 2014 cuando llegó a 4,67%” (INEC, 2015).

En el caso del empleo inadecuado urbano (que incluye el empleo no remunerado y el subempleo) subió 2,14 puntos porcentuales al pasar de 37,28% a 39,42%. Así también, la tasa de subempleo urbano llega a 13,40%, 3,34 puntos porcentuales más que lo reportado en septiembre del 2014 (INEC, 2015).

“La tasa de participación global (PEA/PET) entre septiembre 2014 y septiembre 2015 se incrementó de 63,4% a 67,1% a nivel nacional y en el área urbana de 62,3% a 65,3%” (INEC, 2015).

“Las ciudades con mayores porcentajes de desempleo son Quito y Guayaquil con tasas del 5,21% y el 4,93% respectivamente. Mientras, Cuenca es la ciudad con menor porcentaje de desempleo con 2,65%, seguida de Machala con el 4,07%” (INEC, 2015).

Análisis

La contracción económica que vive el país es una de las principales causas de la reducción de las ventas, por lo que proyecta una baja en las ventas de entre el 60% y el 65% para este año 2016. Lo anterior tiene una relación directa con el incremento del desempleo y con ello la pérdida del poder adquisitivo de la población constituyendo una amenaza para la demanda de jugos naturales.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

Este proyecto, se va a centrar en el desarrollo de la evaluación técnica, ambiental y económica, para las rehabilitaciones y mantenimiento de tubería sanitaria, a través de los métodos con y sin zanja (CIPP), el estudio va dirigido al Ecuador, específicamente en la ciudad de Guayaquil, que es una de las ciudades más pobladas del país con un número de habitantes de 2'617.349 según el INEC para el año 2016 (Últimas Noticias, 2016). Además, para la obtención de resultados se va a desarrollar una serie de procesos que ayuden a determinar los parámetros importantes.

La metodología para evaluar de forma técnica estos dos procesos será una comparación descriptiva, en la cual se incluya, los equipos y maquinaria necesaria, tiempos de reparación, personal requerido, años de vida útil, Así como también se mencionarán los rendimientos de curado dependiendo los factores que le incluyan. Todo esto ira enfocado a la ciudad de Guayaquil que es una ciudad que está rodeada por un estero salado el cual provee de agua y filtraciones a la mayor parte de la provincia.

A continuación, se hace una comparación de los dos métodos, donde se menciona los equipos necesarios para realizar los dos procesos de curado

4.1 Evaluación Técnica.

Anteriormente se había mencionado, cuáles son los aspectos importantes que influyen en la parte técnica de los dos tipos de procesos. A continuación, se va a enumerar de forma ordenada como se desarrolla técnicamente y cuales es la maquinaria necesaria para el mantenimiento y rehabilitación de tubería sanitaria.

4.1.1 Rehabilitación con zanja.

En Guayaquil el método para desarrollar mantenimiento y reparación de tubería de agua sanitaria mediante este proceso y una vez que sea encontrado el problema, es el siguiente.

- 1) Marcar el área donde se va a desarrollar el trabajo respectivo, cabe mencionar que esta superficie debe cubrir toda el área afectada y zonas donde se puede poner los quipos de trabajo, maquinaria y que además los trabajadores puedan desarrollar su trabajo de forma segura y con toda la facilidad posible. En la siguiente figura se muestra los implementos que se utilizan para cubrir una superficie de trabajo.



FIGURA 33: Señalética para el desarrollo de mantenimiento vial.

- 2) Una vez marcada el área de trabajo, y con maquinaria específica para extraer el material, se procede a perforar la carretera, en el lugar donde se va a realizar el replazo de tubería o mantenimiento, para estos trabajos se utiliza retroexcavadoras y volquetas, que se encargan de realizar la zanja y transportar el material respectivamente. En la siguiente figura se puede apreciar un proceso de mantenimiento que se está desarrollado para tubería sanitaria en uno de los barrios de la ciudad de Guayaquil, donde se puede ver que se está elaborando la zanja para la extracción de la tubería que se ha dañado



FIGURA 34: Excavación de la zanja.
Fuente: (eldiario.ec, 2017)

- 3) Después de extraer los daños en la tubería dañada, se procede con la reparación, en la siguiente figura se puede ver la reparación de una tubería sanitaria en la cuenca la Chala en el Suburbio Oeste.



FIGURA 35: reparación de la tubería.
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2016)

- 4) Cuando la tubería ha sido reparada, se procede a llenar la zanja, para poder repavimentar la zona afectada, en la siguiente figura se puede ver que en la fotografía (a) se muestra la tubería sanitaria reparada y en la (b), la reparación de la carretera.



(a)



(b)

FIGURA 36: Reparaciones sanitarias viales en Guayaquil.

4.1.2 Rehabilitación sin zanja CIPP.

Este tipo de rehabilitación, es muy utilizada en países que tiene un alto desarrollo tecnológico donde la reparación de tubería debe ser rápida, su proceso técnico es el siguiente:

- 1) Primero se inspecciona, la zona dañada, la cual puede evidenciarse por medio de hundimiento de capa asfáltica de la carretera o por inundación, la inspección se realiza mediante una cámara acoplada en un dispositivo que es introducido en la tubería, para ello hay que determinar cuáles son los posos accesibles. Ver figura.



poso de acceso



Introducir cámara



Visualizar daños

FIGURA 37: Inspección de tuberías.

- 2) Una vez desarrollado la inspección, se evalúa que tipo de daño que se tiene y pueden ser: Obstrucción, bloqueo completo de tubería, raíces en el interior,

animales como ratas y ruptura de tubería. Una vez, encontrado y determinado el daño, se procede a realizar el fresado de la tubería que consiste en remover el material por medio de elementos estructurales de un metal altamente resistente para liberar la tubería en la siguiente figura se muestra el proceso de fresado.



FIGURA 38: Inspección de tuberías.
Fuente: (terraigua.com, 2009)

- 3) Se extraen los residuos de la tubería que fueron generados al fresar el interior de la tubería por medio de un elemento, hecho especialmente para este proceso.
- 4) Ya con los ductos drenados del material particulado de su interior, se inserta una manga polimérica que están hechas de resinas epóxicas, con un tiempo de vida útil de 50 años, y para que esta tome la forma de la tubería del interior se envían un aire con una presión controlada (Cardenas Herrera, 2016). Ver figura 39.



FIGURA 39: Reparación con resinas.
Fuente: (Cardenas Herrera, 2016)

- 5) Una vez, que la tubería, tenga la presión requerida en su interior, mediante un tren de ruedas que tiene un sistema de lámpara de luz ultravioleta, se desarrolla el

proceso de curado, el cual es elaborado a una velocidad de 1 m/min. (Magtel comunicación , 2017)

- 6) Mediante el fresado, se abren las acometidas para lo que utilizan un mecanismo especial que tenla facilidad de movilidad en el interior de la tubería, en la siguiente figura se puede ver como se hacer la introducción de este instrumento.



FIGURA 40: Reparación con resinas.
Fuente: (Ferever , 2015)

4.2 Evaluación Ambiental.

Para la evaluación ambiental, de los dos procesos la metodología que se va a utilizar es comparativa y descriptiva, donde a través de la investigación bibliográfica se pueda obtener los resultados de los distintos tipos de contaminación como niveles de ruido, emisiones de Gases contaminantes hacia el medio Ambiente, emisión de material pétreo fino que se expande en el medio ambiente, etc.

Posteriormente se mencionan los tipos de contaminante que se tiene mediante los dos métodos.

4.2.1 Contaminantes de producidos por la rehabilitación con zanja.

En la parte técnica se mencionó las actividades que se realizan para la rehabilitación con zanja y de acuerdo a esto se mencionan los tipos de contaminación que se tiene.

- 1) **Contaminación Sonora:** Los equipos que se utilizan para la perforación de carreteras de concreto o pavimentos y debido a la dureza que presenta estos, se debe utilizar equipos neumáticos y o eléctricos que permitan realizar la fractura de estos materiales, por lo que el nivel sonoro es alto.
- 2) **Contaminación del aire con material particulado:** Cuando se desarrolla la perforación del suelo, se generan gran cantidad de partículas de material pétreo muy fino que se dispersa en el aire en forma de polvo, lo cual puede ser causante de enfermedades respiratorias especialmente en las personas que viven cerca de los sitios donde se esté desarrollando este tipo de trabajos.
- 3) **Emisiones de gases:** Como se mencionó anteriormente los equipos que se utilizan para la realización de estos trabajos son maquinarias pesadas, las cuales utilizan diésel para su operación, que cuando es combustionado en los motores envía gran cantidad de emisiones hacia el medio ambiente como es el caso del CO₂, CO, NO_x.

4.2.2 Contaminantes de producidos por la rehabilitación sin zanja.

- 1) **Contaminación sonora:** En este método no se utiliza mucha maquinaria, los dispositivos más importantes serian el compresor de aire necesario para el inflado de la manga de epóxica, el equipo de fresado al estar trabajando en el interior de la tubería no proporcionaría gran cantidad de ruido.
- 2) **Contaminación de material particulado:** Cuando se desarrolla el fresado de las tuberías internas existe materia que está en el interior de la tubería el cual es extraído mediante elementos mecánicos motorizados los mismos que envían el material particulado a recipientes donde son recolectados y transportados de

forma segura, por lo que mediante este método no existe la exposición de material particulado en el aire.

- 3) **Emisiones de gases:** Para este método no se utiliza muchos vehículos, los necesarios serían el vehículo para el transporte de material de desecho extraído de la tubería y para el transporte de los mecanismos y materiales para el desarrollo del trabajo, por lo que la emisión de CO₂, CO y NO_x no sería en gran cantidad.

4.3 Evaluación Económica.

Para la evaluación económica se toma en cuenta los valores que presenta la Empresa Ecuatoriana INTERAGUA, que es la encargada de la distribución de agua potable en el cantón Guayaquil. Se realiza una comparación entre el costo de reparación de tuberías con zanja y sin ella. Además, evaluar el rendimiento de los tramos de metro lineal de tubería al efectuar el procedimiento.

4.4 Tecnologías con zanja

Para la estimación de los costos de la obra civil se toma en consideración los siguientes parámetros:

Para la excavación se cuenta con medidas reglamentarias para calle sin pavimentar, asfaltada y pavimento rígido. La altura mínima (h) de canal es 1,50 m y una longitud mínima 0,60 m. A su vez, estos variarían según la necesidad y el diámetro de tubería, como se muestra en la Figura.

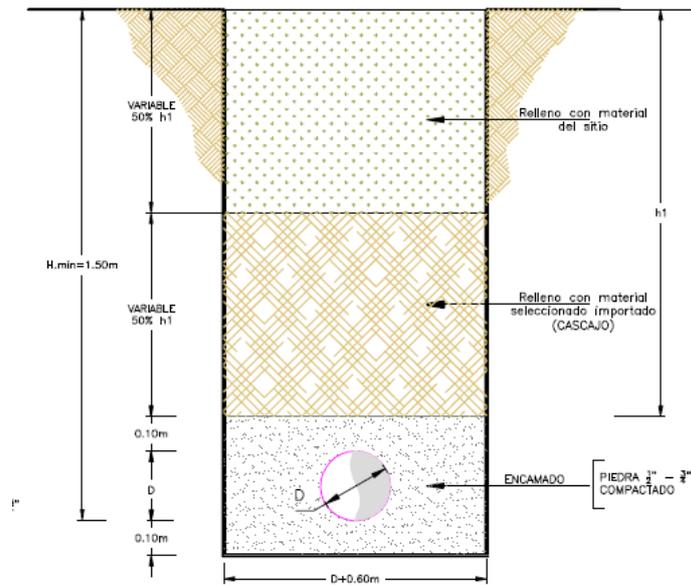


FIGURA 41: Reparación con resinas.
Fuente: (Interagua, 2015)

En la Tabla se muestra el costo de la carpeta asfáltica dependiendo del diámetro de la tubería a colocar, a su vez se consideran tres trabajadores entre los cuales se encuentran dos obreros y un operador de maquinaria necesaria, por lo que los valores tienen incluido \$17.5 que se gasta en los 4 trabajadores por hora.

Tabla 5 medidas de excavación por m longitud

MEDIDAS RECOMENDADAS DE EXCAVACION PARA CADA TUBERIA

DIAMETRO		160	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
Ancho	ml	0.56	0.70	0.88	1.05	1.23	1.40	1.58	1.75	1.93	2.10	2.28	2.45	2.63	2.80	2.98	3.15
Largo	ml	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Profundidad	ml	1.00	1.30	1.60	1.90	2.20	2.50	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.30	4.60	4.90	5.20	5.50

Fuente: (Interagua, 2015)

Así mismo tenemos tabla con los costos de cada rubro dependiendo del diámetro de la tubería. Los cuales fueron obtenidos gracias a Interagua

Tabla 6 Costos por rubro

cantidad por descripción para un metro lineal instalación de tubería con zanja									
Diametro	unidad	precio u. en \$	160	200	250	300	350	400	450
Rotura	m3	4.08	0.46	0.57	0.71	0.86	1.00	1.14	1.29
Excavación	m3	4.21	3.06	4.98	7.66	10.92	14.75	19.16	24.14
Arena	m3	14.52	1.22	1.52	1.91	2.29	2.67	3.05	3.43
Relleno	m3	10.63	1.63	3.12	5.23	7.88	11.06	14.77	19.02
Desalojo	m3-km	3.56	5.10	6.62	8.64	10.82	13.14	15.61	18.23
Suministro	ml		5.06	7.54	10.41	15.68	20.88	26.07	32.66
Reposicion	m3	107.00	48.89	61.12	76.40	91.68	106.96	122.24	137.52

cantidad por descripción para un metro lineal instalación de tubería con zanja											
Diámetro	unidad	precio u. en \$	500	550	600	650	700	750	800	850	900
Rotura	m3	4.08	1.43	1.57	1.71	1.86	2.00	2.14	2.28	2.43	2.57
Excavación	m3	4.21	29.69	35.82	42.53	49.80	57.66	66.09	75.09	84.67	94.82
Arena	m3	14.52	3.81	4.19	4.57	4.95	5.34	5.72	6.10	6.48	6.86
Relleno	m3	10.63	23.79	29.10	34.95	41.32	48.23	55.67	63.65	72.16	81.20
Desalojo	m3-km	3.56	21.00	23.92	26.98	30.20	33.56	37.07	40.73	44.54	48.50
Suministro	ml		39.25	46.61	53.97	62.48	70.98	90.79	110.60	121.96	133.32
Reposición	m3	107.00	152.80	168.08	183.36	198.63	213.9	229.19	244.47	259.75	275.03

Fuente: (Interagua, 2015)

4.4.1 Tecnología CIPP

Para la estimación de los costos, en esta tecnología se toman en cuenta factores como maquinaria necesaria para la implementación del proceso en el campo. Adicionalmente, los tiempos y cantidad de combustible necesarios para que exista 1 m de manga de felpa o fibras de poliéster con resina epóxica como aglutinante. En la Tabla se indica el equipo necesario, tiempos y cantidad de combustible necesario para cada tipo de diámetro.

Tabla 7 Costo de equipo para CIPP

Equipo	Unidad	Precio unitario
Unidad del control del sistema	Hora	\$20,00
Generado 10Kw - 24 Kw a diésel	Hora	\$12,50
Equipo móvil de impregnación	Hora	\$40,00
equipo generador de calor	Hora	\$30,00
Tren de lamparas ultravioletas	Hora	\$45,00
Bomba de presión	Hora	\$4,45

Fuente: (Interagua, 2015)

Tabla 8 Costo de materiales para CIPP

Materiales	Unidad	Precio unitario
Combustible	Galón	\$1,50
Resina poliéster	Kg	\$7,34
Manga de felpa o fieltro de poliéster	m2	\$10,00
Agua	m3	\$3,00

Fuente: (Interagua, 2015)

Tabla 9 Costo de instalación de tubería por medida

Diámetro	160	200	250	300	350	400	450	500
Sin Zanja	186.05	197.99	210.00	235.91	250.18	245.84	269.95	293.15
Diámetro	550	600	650	700	750	800	850	900
Sin Zanja	310.00	328.00	352.00	376.00	401.00	457.18	482.61	553.49

Fuente: (Interagua, 2015)

CAPÍTULO V: *RESULTADOS Y DISCUSIÓN*

5.1 Evaluación Técnica

Para la instalación y alineamiento correcto de una tubería se requieren experimentación y normas especializadas. Una correcta alineación eleva el desempeño del sistema. Además, con ancho de zanja correcto se evita gastos elevados por canales muy anchos o angostos.

La inclinación vertical que se debe considerar en la ubicación del tubo se denomina pendiente, se encarga de proporcionar un grado de inclinación que permita el paso del fluido tomando en consideración el diámetro y el suelo donde se va a colocar.

5.1.1 Ancho de zanja

Para garantizar un canal que permita la manipulación el ancho de zanja se debe cumplir con la norma ASTM D-2321, que toma en consideración la instalación de tubería, colocación de material de relleno y uso de equipo adecuado para la compactación y relleno inicial. A su vez, permite un criterio ingenieril para el trabajo en suelos inestables y garantizar la seguridad de los obreros en la excavación y las cargas de diseño que se generan. En la Figura 42 se muestra el diámetro de tubería y los distintos rellenos de zanja según la norma ASTM D -2321.

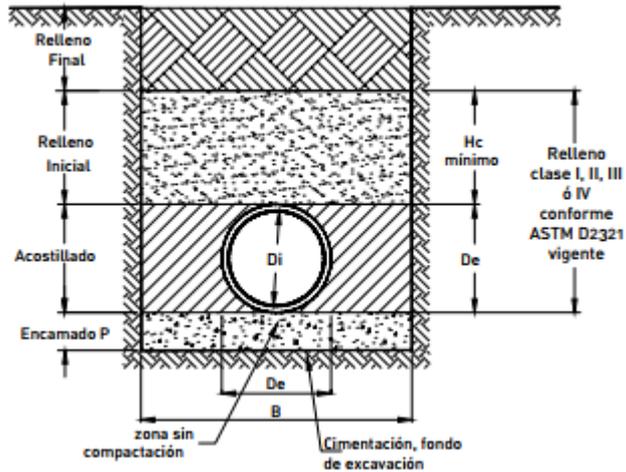


FIGURA 42: Reparación con zanja.
Fuente: (Serne, 2003)

Experimentalmente se tiene un ancho de zanja normalizado según el ancho de tubería que se necesite instalar. En la Tabla se indica los diámetros y el ancho de zanja según la norma ASTM D – 2321.

Tabla 10 Ancho de zanja

Diámetro nominal		Ancho de zanja
Pulgadas	cm	Cm
4	10	52
6	15	58
8	20	63
10	25	69
12	30	77
15	37,5	86
18	45	97
24	60	120
30	75	142
36	90	162
42	105	182
48	120	200
60	150	238

Fuente: (DS, 2014)

5.1.2 Instalación de tuberías con zanja

Para la instalación de las tuberías se toma en cuenta el tipo de suelo. Es decir, si son arcillosos, inestables, con rocas, entre otros. Los materiales de relleno que son usados en los procesos de instalación se encuentran clasificados según la norma ASTM D 2487 (Serne, 2003).

Clase IA. – son materiales estables que alcanzan densidades altas con un gran contenido de humedad. A su vez, son de alta permeabilidad que son adecuados para rellenos donde existe la presencia de agua.

Clase IB.- son mezclas entre materiales arenosos naturales y clase IA, esto se desarrollaron para evitar que los materiales finos de las áreas se fusionen a los rellenos aumentando su densidad y compactación. Son de alta rigidez, resistencia y drenados más fácilmente.

Clase II.- sirven como soporte para las tuberías, son de granulometría abierta y consisten en partículas redonda y presentan una capacidad de compactación menor a los angulares. Al ser redondos son más finos y pueden migrar a las áreas aledañas reduciendo su estabilidad.

Clase III.- presentan menos densidad que los de clase I y clase II. Además, se requiere un esfuerzo de compactación elevado para que el contenido de humedad se pueda controlar. Al presentar una adecuada densidad sirven como soportes para tuberías.

Cimentación

Consiste en una capa de espesor mínimo de 30 cm con un material de clase IA o piedra angular de hasta 3 pulgadas, sirve de base para el encamado. Además, para la estabilización se puede utilizar materiales no metálicos como geotextiles, según la necesidad y experiencia ingenieril.

Encamado

Sirve de base para la tubería, debe ser estable y presentar uniformidad en su trayectoria. El encamado debe tener mínimo 30 cm de espesor para diámetros hasta 30 pulgadas y de 15 cm de espesor para diámetros de 36 a 60 pulgadas (DS, 2014). Para el encamado se tienen normalizados los espesores de tubería considerando la zanja excavada. En la tabla se muestran los espesores para tuberías PEAD y de polipropileno.

Tabla 11 Espesor de pared para diferentes tuberías

Diámetro pulgada	Espesor de pared de tubería PEAD Cm	Espesor de pared de tubería polipropileno Cm
6	1,55	NA
8	1,9	NA
10	2,1	NA
12	3,65	3,4
15	3,95	5,1
18	4,3	4,4
24	6,55	5,55
30	7,05	7,45
36	7,85	7,2
42	8,05	7,45
48	8,8	8,35
60	8,15	9,45

Fuente: (DS, 2014)

5.1.3 Instalación de tubería

Previo al ensamble final de la tubería en la zanja se debe limpiar los extremos y lubricarlos para que el acoplamiento sea correcto y exista un punto de inicio de falla. Para tuberías de 4 a 24 pulgadas de diámetro se puede trabajar manualmente con tecles o elevadores neumáticos. A su vez, hay que tener cuidado en que la campana debe estar en la dirección de la construcción. Para diámetro de 30 a 60 pulgadas la forma de unión de tuberías se debe realizar con elevadores neumáticos o tecles. En la Figura se observa la limpieza y lubricación de las tuberías.



FIGURA 43: limpieza y lubricación de piezas.
Fuente: (DS, 2014)

5.1.4 Rendimiento de la instalación con zanja

Para evaluar el rendimiento de la tecnología con zanja se toma como referencia una jornada de 8 horas al día, sin la presencia de lluvia y con suelo estable. Como parámetros adicionales se consideran los riesgos de accidentes de trabajadores, acumulación de agua por lluvia y viviendas alrededor de la obra.

La lubricación en esta instalación es importante. Puesto que, es la encargada de facilitar el acoplamiento entre piezas. En la Tabla se muestra el diámetro de tubería y la cantidad de lubricante necesario para acoplar sus extremos.

Tabla 12 Consumo de lubricantes

Diámetro nominal	Consumo
Pulgada	gr/junta
4	45
6	75
8	104
10	134
12	163
15	208
18	252
24	340
30	429
36	517
42	606
48	694
60	871

Fuente: (DS, 2014)

En la Tabla se muestran los rendimientos de la instalación por longitud para un ensamble con elevador tipo tecla para tuberías de 4 a 60 pulgadas.

Tabla 13 Rendimiento por longitud

Diámetro nominal		Longitud
Pulgadas	mm	m
4	102	1342
6	152	1281
8	203	1220
10	254	1098
12	305	976
15	381	732
18	457	549
24	610	342
30	762	268
36	914	220
42	1067	177
48	1219	146
60	1524	128

Fuente: (DS, 2014)

De manera general para diámetros de tuberías que van desde 100 mm hasta 1500 mm el rendimiento que alcanza la instalación de la zanja son de 1342 m y 128 m

respectivamente. Lo que da un parámetro de comparación con otras tecnologías y así observar cual se ajusta a un determinado trabajo.

5.1.5 Sistema de curado por mangas CIPP

El proceso de curado de tuberías con mangas permite impregnar un conducto en el interior, el mismo que debe soportar solicitaciones mecánicas presentes por la presencia de fluidos en su interior. Pueden ser de fieltro de poliéster o de fibra de vidrio que se impregnan por la presencia de un aglutinante y adherido por vapor o agua. Además, por radiación ultravioleta. En la Figura se observa el ingreso de la manga en la tubería.



FIGURA 44: Manga de CIPP.
Fuente: (Céspedes, 2016)

En el capítulo cuatro en la sección de rehabilitación sin zanja se muestra el procedimiento CIPP. En cambio, para evaluar el rendimiento del proceso se necesita evaluar los siguientes parámetros.

Curado

Durante este proceso de rehabilitación sin zanja se sigue la norma ASTM F 1216, que evalúa la incidencia de la manga en el interior de la tubería. Por lo tanto, se toma en consideración lo siguiente:

- Fuerza de arrastre
- Presión de inflado
- Presión de trabajo
- Temperatura máxima
- Velocidad de paso de la fuente de adherencia.

En la Figura se muestra el paso de la máquina ultravioleta que se encarga del curado de la tubería.



FIGURA 45: Curado manga de CIPP.
Fuente: (Céspedes, 2016)

5.1.6 Láminas de protección de tubería

Para que exista mejor adherencia y no afecte a las fibras de la manga de rehabilitación se tiene dos láminas externa e interna. La lámina externa protege la manga de la

radiación ultravioleta o el aire caliente que incida sobre ella. Adicionalmente, la protege de roturas por transporte por la tubería.

La lámina interna es la encargada del proceso de curado, sus dimensiones son de acuerdo a la norma ASTM F 1216 que es la encargada del espesor del conducto, el cual debe producir un ligero exceso de dilatación en la instalación. Es así, que al final se tiene un conducto liso sin oponer resistencia al paso del fluido.

En la Tabla se observa las propiedades mecánicas que debe soportar una manga para rehabilitación CIPP para manga (*liner*) y manga premium. En donde, la única diferencia es el costo de implementación porque la segunda soporta mayores cargas.

Tabla 14 Radiación ultravioleta en la manga

Propiedad	Radiación ultra violeta (Manga)	Radiación ultra violeta (Manga premium)
Diámetros	DN 150 - 1200	DN 600 - 1600
Espesores	4 mm - 12 mm	5 mm - 16 mm
Módulo de elasticidad corto plazo	11 MPa	17,9 MPa
Módulo de elasticidad largo plazo	7,3 MPa	14,9 MPa
Resistencia a la flexión corto plazo	180 MPa	240 MPa
Resistencia a la flexión largo plazo	120 Mpa	200 MPa

Fuente: (Aquatec, 2015)

Para que el conducto de fibra soporte las cargas necesarias y presiones máximas por la instalación y las presentes en el paso del fluido, la norma ASTM F 1216 permite espesores para diferentes diámetros de tuberías, como se muestra en la Tabla.

Nennweite	Grundwasserstand über Rohrsohle							
	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4
DN 400	3,0	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8
DN 450	3,1	3,2	3,4	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3
DN 500	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8
DN 600	4,1	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7
DN 700	4,7	5,2	5,6	5,8	5,9	6,2	6,4	6,8
DN 800	5,2	5,7	6,1	6,8	6,8	7,1	7,4	7,6
DN 900	5,8	6,4	6,9	7,4	7,8	8,0	8,3	8,6
DN 1000	6,4	7,1	7,7	8,2	8,5	9,0	9,4	9,5
DN 1100	7,1	7,8	8,5	9,1	9,8	9,9	10,3	10,5
DN 1200	7,9	8,5	9,2	9,8	10,3	10,8	11,2	11,7
Ei 200/300	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9
Ei 250/375	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9
Ei 300/450	3,8	4,2	4,5	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8
Ei 350/525	4,4	4,9	5,3	5,6	6,0	6,2	6,5	6,7
Ei 400/600	5,0	5,5	6,0	6,4	6,8	7,1	7,4	7,7
Ei 500/750	6,1	6,8	7,4	7,9	8,4	8,8	9,2	9,6
Ei 600/900	7,2	8,1	8,8	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4
Ei 700/1050	8,3	9,3	10,2	10,9	11,6	12,2	12,8	13,3

Tabla: Espesor de manga por diámetro de tubería
Fuente: (Aquatec, 2015)

El rendimiento de la manga de rehabilitación sin zanja dependerá del diámetro de tubería que se desee reparar. Además, el sistema de secado por la presencia de un aglutinante debe garantizar un material compuesto con las propiedades mecánicas de la Tabla de laminado. Para comparar con otros procesos se toma en consideración el costo de maquinaria, mano de obra, tiempo de trabajo y materiales, es así que se verifica si es favorable su implementación.

Comparación de tecnologías

En la Tabla se muestra la comparación de tecnología con las ventajas de cada uno, que serán tomadas en cuenta para el estudio de impacto ambiental.

Tabla 15 Comparación de la tecnología con zanja y sin zanja

Rehabilitación con zanja		Rehabilitación CIPP	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Menos Tecnificada	Alta contaminación ambiental	Corto tiempo de ejecución	Mas tecnificada
Más Asequible	Extenso tiempo de ejecución	Bajo impacto ambiental	Experiencia requerida
Mas Económica	Gran cantidad de desechos	Bajo impacto social	Importación de equipos y materiales
	Alto control de seguridad laboral	Larga duración de vida útil de la manga	bajo control de seguridad laboral
		Limpia	
		Mayor aceptabilidad	
		Sin desechos	

5.2 Aspectos Económicos

Para los resultados económicos se evalúan los costos totales de la rehabilitación de tubería con zanja y sin ella. Además, de presentar una comparación del costo de implementación por diámetro de tubería.

5.2.1 Tecnología con zanja y sin zanja CIPP

En la Tabla se presenta los costos por metro lineal entre la rehabilitación de alcantarillado con zanja y sin zanja CIPP. En el método convencional con zanja se sumaron los valores de rotura y reposición del pavimento, materiales y mano de obra, mientras que en el método CIPP se sumaron los valores de los equipos, materiales, y mano de obra: teniendo como resultado los siguientes valores entre tuberías de 160mm hasta 900mm.

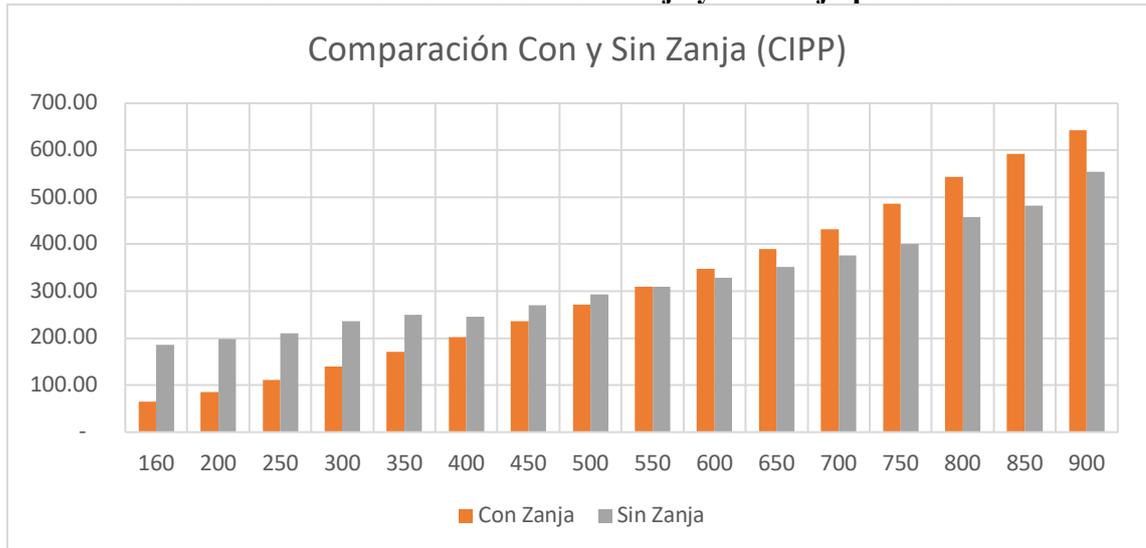
Tabla 16 costo total de rehabilitación con zanja y sin zanja por cada ml

Diámetro	160	200	250	300	350	400	450	500
-----------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Con Zanja	65.43	85.47	110.97	140.12	170.45	202.03	236.27	271.77
Sin Zanja	186.05	197.99	210.00	235.91	250.18	245.84	269.95	293.15
Diámetro	550	600	650	700	750	800	850	900
Con Zanja	309.29	348.07	389.24	431.68	486.67	542.93	591.98	642.30
Sin Zanja	310.00	328.00	352.00	376.00	401.00	457.18	482.61	553.49

Fuente: Autor

Tabla 17 costo total de rehabilitación con zanja y sin zanja por cada ml



Fuente: Autor

Resina poliéster con fibra de vidrio

Tanto en la tabla anterior y en la gráfica se puede determinar que en cuanto al aspecto económico rehabilitar un alcantarillado con el método tradicional es más conveniente para tuberías desde 160mm hasta 600mm de diámetro, y para medidas mayores de 600 hasta 900 es económicamente mejor aplicar la rehabilitación con el método CIPP.

5.3 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

La Evaluación de Impacto Ambiental se desarrolló para identificar acciones que afectarían al ser humano. A su vez, determinar los impactos que causan en el medio ambiente la aplicación incorrecta sin un estudio previo. Es un proceso analítico que evalúa los futuros

impactos positivos o negativos de la intervención humana, para que existan beneficios económicos y ambientales sin impactos no deseados.

Para la evaluación de un sistema de rehabilitación de un sistema de alcantarillado, se evalúan las diferentes fases del proyecto y los impactos potenciales que se tienen al implementar el proyecto sanitario. A continuación, se evaluarán los impactos para rehabilitación con zanja y mediante el sistema CIPP.

5.3.1 EIA del sistema de rehabilitación con zanja

La rehabilitación con zanja al ser un sistema que necesita realizar canales para el cambio de tubería sanitaria, tiene actividades de trabajo que ocasionan impactos ambientales y a la población.

a) Actividades del proyecto

E.T. - Excavación del terreno

Para esta etapa se utiliza maquinaria para la extracción de material para el reemplazo de la tubería afectada. Se puede dar en diferentes superficies como son: hormigón, asfalto, tierra estable, etc. En esta operación se contempla el movimiento de tierra y extracción de material a los sitios receptores pertinentes.

I.T. - Instalación de tubería

En esta actividad se analiza el reemplazo de tuberías sanitarias, en donde se evalúa la distancia total en metros de tubería necesaria para que haya recirculación de aguas servidas.

R.S. - Relleno de suelos

Se refiere a la etapa de relleno del canal formado, el cual consta del encamado, acostillado y los rellenos inicial y final según la norma ASTM D2321.

O.A. - Obras de acabado

Es la etapa final del trabajo, consiste en dejar la superficie trabajada con las condiciones favorables para que no afecte a la población y al paso de vehículos.

b) Etapas de operación

T.P. – Tareas Productivas

Contemplan las actividades de transporte de maquinaria y la tubería necesaria para la rehabilitación del sistema de alcantarillado sanitario. Adicionalmente, considera procesos de diseño y mano de obra.

T.A. – Tareas administrativas

Esta etapa se realiza el cronograma de actividades desde el inicio de la planificación del sistema de rehabilitación hasta su culminación. A su vez, se encarga de los recursos económicos para alimentación y transporte de los trabajadores.

c) Recursos afectados

Son los recursos que se ven perjudicados por la intervención del hombre al realizar la rehabilitación sanitaria.

Físicos

Contaminación de agua

Consiste en el tratamiento de aguas servidas. Es decir, una planificación del tiempo de redireccionamiento o reabastecimiento del servicio de alcantarillado en la zona afectada.

Contaminación de polvo y ruido

Al existir el trabajo de retroexcavadoras se genera contaminación por polvo y ruido que deben ser considerados al inicio del trabajo. Es decir, desde la línea base que para esta investigación la rehabilitación del sistema de alcantarillado.

Cambio del uso del suelo

Al ubicar una tubería se necesita de rellenos que garanticen que no se forme un desnivel con el paso del tiempo, esto conlleva que el proyecto a realizar no cambie las condiciones normales del sistema ni de la población.

5.4 Socio económico

Expectativa en la comunidad

Los pobladores de la zona afectada estarán a la expectativa de recibir un servicio adecuado que permita el desenvolvimiento de las actividades diarias. Por ejemplo, vehiculares, movilización peatonal, etc.

Incremento de empleo

Al utilizar mano de obra calificada y obreros residentes significa un incremento en el empleo en el tiempo que dura el proyecto de rehabilitación.

Seguridad industrial

Al emplear trabajadores y máquinas de gran tamaño, la seguridad es una parte importante en el proyecto sanitario. En donde, el encargado de obra debe informar de las actividades de alto riesgo donde se necesita especial cuidado.

5.4.1 Evaluación de impacto ambiental

Para la evaluación de impacto ambiental se coloca el numero 1 en la actividad de construcción u operación que es afectado por el recurso agua, aire, suelo y socioeconómico. En la Tabla se muestran los impactos del proyecto de rehabilitación en zanja.

Tabla 18 Recurso e impactos de la rehabilitación con zanja

Medio	Recurso	Impacto	Construcción				Operación	
			ET	IT	RS	OA	TP	TA
Físico	Agua	Contaminación del agua			1	1		
	Aire	Contaminación polvo	5	2	5	1	1	
	Aire	Contaminación por ruido	2	1	1	1	1	1
	suelo	Cambio de uso del suelo		1	1	1		
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	2	2	2	1		
		Incremento de empleo	1	1	1	1	1	1
		Seguridad industrial	1	1	1	1	1	1

Fuente: Autor

5.4.2 Matriz de importancia para la Evaluación de Impacto Ambiental

Se utiliza un método cualitativo que permite realizar el estudio de impacto ambiental, se realiza con la identificación de los impactos de la sección 5.4.2. En donde, se emplean 7 elementos.

Signo (+/-). Con signos positivo (+) y negativo (-) se establecen el carácter beneficioso o perjudicial respectivamente.

Intensidad (IN). Es el grado de influencia de la acción sobre el factor, el valor que puede tomar es de 1 a 16. En donde, 1 es una afectación mínima y 16 máxima.

Extensión (EX). Es el área de influencia teórica del impacto con el entorno del proyecto, si el efecto es puntual es equivalente a 1 y si no existe una ubicación precisa el valor es de 8. Además, si tiene un impacto extenso es 4 y 2 si es parcial.

Momento (M). Es el impacto del tiempo que transcurre entre el inicio de la acción (to) y el efecto sobre el recurso. Es así que, el valor 4 es un tiempo entre 1 a 3 años, 2 si el efecto tarda más de tres años y 1 si es a largo plazo.

Persistencia (P). Es el tiempo que permanece el efecto desde su aparición. El valor 1 se coloca si dura menos de un mes, 2 si esta entre 2 y 6 meses, 4 de 7 a 24 meses, 8 si es superior a dos años.

Reversibilidad (R). Es la posibilidad de reconstrucción del recurso afectado. Es decir, recobrar las condiciones normales de operación. El valor es 1 si la reparación es a corto plazo, 2 mediano plazo, 4 largo plazo, 8 si no se puede reconstruir y 20 si el impacto es irrecuperable.

Medidas correctoras (MC). Se refieren a la posibilidad de corregir los impactos ambientales. A diferencia de los anteriores parámetros se simboliza con la letra N si no

existe la posibilidad de realizar el proyecto, P en la fase del proyecto, o la fase obra y en funcionamiento F.

Importancia. Es un número que se obtiene mediante la Ecuación.

$$\text{Importancia} = +/-(3\text{IN} + 2\text{E} + \text{M} + \text{P} + \text{R})$$

Los valores resultantes del impacto están entre 8 y 96 y se clasifican de la siguiente manera:

Importancia Irrelevante: valores inferiores a 25

Importancia Moderada: Valores entre 25 y 50

Importancia Severa: Valores entre 51 y 75

Importancia Crítica: Valores mayores de 76.

En la Tabla se muestra la calificación de los impactos del proyecto, empleando la metodología de valoración anteriormente expuestas.

Tabla 19 Clasificación de impactos excavación del terreno

Medio	Recurso	Impacto	ET. Excavación del terreno						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	-	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
	Aire	Contaminación polvo	-	5	3	2	2	1	-26	Moderada
	Aire	Contaminación por ruido	-	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-	5	3	3	3	1	-31	Moderada
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	-	3	2	2	2	2	11	Irrelevante
		Incremento de empleo	+	1	1	4	1	2	12	Irrelevante
		Seguridad industrial	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 20 Clasificación de impactos instalación de tuberías

Medio	Recurso	Impacto	IT. Instalación de tubería						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación polvo	-	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Aire	Contaminación por ruido	-	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	+	4	2	1	1	1	+19	Irrelevante
		Incremento de empleo	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante
		Seguridad industrial	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 21 Clasificación de impactos relleno de suelos

Medio	Recurso	Impacto	RS. Relleno de suelos						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	-	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Aire	Contaminación polvo	-	5	3	2	2	2	-27	Moderada
	Aire	Contaminación por ruido	-	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-	6	3	2	2	2	-30	Moderado
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de empleo	+	1	1	4	1	2	12	Irrelevante
		Seguridad industrial	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 22 Clasificación de impactos obras de acabado

Medio	Recurso	Impacto	RR. Rotura y Reposición						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación polvo	-	4	3	2	2	2	-25	Moderado
	Aire	Contaminación por ruido	-	5	4	4	3	3	-19	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-	5	4	3	3	2	-31	Moderado
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	-	4	4	2	2	2	-26	Moderado
		Incremento de empleo	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante
		Seguridad industrial	+	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 23 Clasificación de impactos tareas productivas

Medio	Recurso	Impacto	TP. Tareas Productivas						Import	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	-	4	2	4	1	1	-22	Irrelevante
	Aire	Contaminación polvo	-	3	2	4	1	1	-19	Irrelevante
	Aire	Contaminación por ruido	-	3	2	4	1	1	-19	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-	4	2	4	2	1	-23	Irrelevante
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de empleo	+	3	1	4	1	2	18	Irrelevante
		Seguridad industrial	+	4	1	4	1	1	20	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 24 Clasificación de impactos tareas administrativas

+Medio	Recurso	Impacto	TA. Tareas Administrativas						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación polvo	0							
	Aire	Contaminación por ruido	-1	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0							
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de empleo	1	3	1	4	1	2	18	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

En la Tabla se registran los resultados para todos los impactos del proyecto de rehabilitación con zanja. Se realizó un resumen de los valores encontrados en la matriz de los recursos considerados.

Tabla 25 Resumen de los resultados de impactos ambientales

Medio	Recurso	Impacto	Construcción				Operación		Subtotal de impacto
			ET	IT	RS	RR	TP	TA	
Físico	Agua	Contaminación del agua	-14	0	-11	0	-22	0	-47
	Aire	Contaminación polvo	-26	-11	-27	-25	-19	0	-111
	Aire	Contaminación por ruido	-11	-11	-11	-19	-19	-14	-85
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-31	-14	-30	-31	-23	0	-129
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	11	+19	0	-26	0	0	34
		Incremento de empleo	12	11	12	11	18	18	82
		Seguridad industrial	11	11	11	11	20	11	75
Total			-56	-33	-56	79	-45	15	-284

Fuente: Autor

Los resultados de la Tabla son los siguientes:

- Para las actividades de construcción el mayor impacto es el excavación del terreno con un valor de -31 seguido con -30 el relleno del suelo. Por lo tanto, en la rehabilitación con zanja un parámetro importante es la excavación y relleno que no debe perjudicar la tubería de alcantarillado.
- Para la etapa de operación las tareas de producción tienen un resultado de - 45, que es superior al de la etapa de construcción lo que causa un mayor impacto.
- El recurso más afectado es el cambio de uso de suelo con un valor de -129, seguida de la contaminación por ruido, siendo estos factores los importantes para la evaluación de impacto ambiental.
- Los recursos positivos con mayor impacto son el incremento de empleo y seguridad industrial con 82 y 75 respectivamente.

5.4.3 Resultados de la evaluación de Impacto ambiental

Se toma en cuenta las etapas de construcción y operación de la matriz resumen de los recursos considerados. En la Tabla se muestran los resultados de los impactos que presentaron un valor inferior a 25 que corresponde a un Impacto irrelevante.

Tabla 26 Resumen de los resultados de impactos ambientales

Descripción	Físico	Socio-económico	Total
Impactos irrelevantes	18	9	27
Impactos moderados	7	0	7
Impactos Severos	0	0	0
Impactos Críticos	0	0	0
Total, impactos	25	9	34
Calificación de importancia	-372	+191	-182
Promedio de Impacto	-14,882	+21,2	-13,74

Fuente: Autor

El promedio de impacto mayor corresponde al recurso físico, el cual considera toda la etapa extracción de tierra hasta la reposición de pavimento.

5.4.4 EIA del sistema de rehabilitación sin zanja CIPP

La rehabilitación sin zanja CIPP, consiste en reparar la tubería mediante una manga que está compuesto por una resina epóxica como matriz y fibras de material no metálico (fibra de vidrio, poliéster, etc.) como refuerzo.

d) Actividades del proyecto

P.M. – Preparación de la manga de material compuesto

Para esta etapa se utiliza maquinaria especializada según el proceso necesario, se emplea una cámara que se encarga de detectar la zona que necesita rehabilitación y mediante el cálculo de metros afectado se prepara la manga que recorrerá esta zona.

E.R. – Extracción de residuos solidos

Antes de iniciar el proceso de rehabilitación se debe limpiar la zona de contacto de la tubería y la parte exterior de la manga mediante una maquinaria drenadora de desechos.

R.T. – Reparación de tuberías

Se introduce la manga fabricada con el material compuesto en el interior de la tubería y para que esta tome la forma de la tubería del interior se envía aire caliente con una presión controlada. Además, se realiza un proceso de curado mediante una lámpara de luz ultravioleta. El tiempo de vida útil de la nueva tubería es de 50 años.

O.A. - Obras de acabado

Para que la parte interna de la tubería no tenga ningún material sobrante se pasa una máquina fresadora por la longitud de rehabilitación. A su vez, se encarga de igualar el interior de la manga solidificada a un solo diámetro, según la norma ASTM F1216.

e) Etapas de operación

Las etapas de operación son las mismas que el proceso de rehabilitación con zanja, considerando maquinaria especializada y mano de obra.

T.P. – Tareas Productivas

Contemplan las actividades de transporte de maquinaria y la tubería necesaria para la rehabilitación del sistema de alcantarillado sanitario. Adicionalmente, considera procesos de diseño y mano de obra.

f) Recursos afectados

Son los recursos que se ven perjudicados por la intervención del hombre al realizar la rehabilitación sanitaria.

5.5 Físicos

Contaminación de agua

Consiste en el tratamiento de aguas servidas. Es decir, una planificación del tiempo de redireccionamiento o reabastecimiento del servicio de alcantarillado en la zona afectada.

Contaminación por químicos tóxicos

Al trabajar con resinas epóxicas se necesita de material de protección para los trabajadores encargados de la manipulación de los químicos.

5.6 Socio económico

Expectativa en la comunidad

Al no ser un proceso invasivo la comunidad estará pendiente si puede realizar sus actividades y si el paso vehicular no se ve afectado.

Incremento de costo de maquinaria

Al utilizar una maquinaria para cada tipo de etapa en el proceso CIPP significa un incremento en el costo total de rehabilitación del sistema de alcantarillado.

5.7 Seguridad industrial

Al emplear trabajadores, máquinas especializada y químicos tóxicos para el ser humano, la seguridad es una parte importante en el proyecto sanitario. En donde, el encargado debe contemplar estos factores para garantizar la protección en el trabajo de los obreros.

5.7.1 Matriz de importancia para tecnología sin Zanja CIPP

Se toman en cuenta los mismos parámetros considerados para la rehabilitación con zanja para la evaluación de impacto ambiental con tecnología CIPP. En la tabla se registran los recursos y los impactos considerados anteriormente.

Tabla 27 Recurso e impactos de la rehabilitación con zanja

Medio	Recurso	Impacto	Construcción				Operación	
			PM	ER	RT	OA	TP	TA
Físico	Agua	Contaminación del agua		1				
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	1	1	1	1	1	
	Aire	Contaminación por ruido	1	1	1	1	1	1
	Suelo	Cambio de uso del suelo						
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad						
		Incremento de costo de maquinaria	1	1	1	1	1	1
		Seguridad industrial	1	1	1	1	1	1

Fuente: Autor

En la Tabla se muestra la calificación de los impactos del proyecto de rehabilitación con CIPP que utiliza la metodología de valoración para evaluación de impacto ambiental.

Tabla 28 Clasificación de impactos preparación de manga

Medio	Recurso	Impacto	PM. Preparación de la manga de material compuesto						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	-1	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Aire	Contaminación por ruido	-1	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0							
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	-1	4	2	4	1	2	-23	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 29 Extracción de residuos solidos

Medio	Recurso	Impacto	ER. Extracción de residuos solidos						Import.	Clasificación.
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	-1	2	2	4	1	1	-16	Irrelevante
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	0							
	Aire	Contaminación por ruido	-1	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	-1	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	-1	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 30 Reparación de tuberías

Medio	Recurso	Impacto	RT. Reparación de tuberías						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	0							
	Aire	Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0	2	1	4	2	2	0	Irrelevante
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	-1	1	1	4	1	2	-12	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 31 Reparación de tuberías

Medio	Recurso	Impacto	OA. Obras de acabado						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	0							
	Aire	Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0							
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 32 Reparación de tuberías

Medio	Recurso	Impacto	TP. Tareas Productivas						Import	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	-1	4	2	4	1	1	-22	Irrelevante
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	-1	3	2	4	1	1	-19	Irrelevante
	Aire	Contaminación por ruido	-1	3	2	4	1	1	-19	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0							
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	-1	3	1	4	1	2	-18	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	4	1	4	1	1	20	Irrelevante

Fuente: Autor

Tabla 33 Reparación de tuberías

Medio	Recurso	Impacto	TA. Tareas Administrativas						Import.	Clasificación
			S	IN	EX	M	P	R		
Físico	Agua	Contaminación del agua	0							
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	0							
	Aire	Contaminación por ruido	-1	2	1	4	1	1	-14	Irrelevante
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0							
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0							
		Incremento de costo de maquinaria	1	3	1	4	1	2	17	Irrelevante
		Seguridad industrial	1	1	1	4	1	1	11	Irrelevante

Fuente: Autor

En la Tabla se observan los resultados para todos los impactos del proyecto de rehabilitación sin zanja CIPP, se presenta un resumen de los valores encontrados en la matriz de los recursos considerados.

Tabla 34 Resultado

Medio	Recurso	Impacto	Construcción				Operación		Subtotal de impacto
			PM	ER	RT	OA	TP	TA	
Físico	Agua	Contaminación del agua	0	-16	0	0	-22	0	-38
	Aire	Contaminación por químicos tóxicos	0	0	0	0	0	0	
	Aire	Contaminación por ruido	-10	-13	-9	-5	-9	-14	-43
	Suelo	Cambio de uso del suelo	0	-11	0	0	0	0	-11
Socio económico	Socio económico	Expectativa en la comunidad	0	0	0	0	0	0	0
		Incremento de costo de maquinaria	-23	-11	-12	11	-18	18	-35
		Seguridad industrial	11	11	11	11	20	11	75
		Total	-37	-41	-12	11	-58	15	-122

Fuente: Autor

Los resultados de la Tabla son los siguientes:

- Para las actividades de construcción el mayor impacto es la extracción de residuos sólidos con un valor de -41. Por lo tanto, en la rehabilitación CIPP se debe tener limpio el área de contacto entre la manga y la tubería afectada.
- Para la etapa de operación las tareas de producción tienen un resultado de - 58, que es superior al de la etapa de construcción lo que causa un mayor impacto.
- El recurso más afectado es la contaminación por el ruido con un valor de -83, seguida de la contaminación del agua con un valor de -38.
- El recurso positivo con mayor impacto es la seguridad industrial con un valor de 75.

5.7.2 Resultados de la evaluación de Impacto ambiental

Se toma en cuenta las etapas de construcción y operación de la matriz resumen de los recursos considerados. En la Tabla se muestran los resultados de los impactos que presentan un valor inferior a 25 que corresponde a un Impacto irrelevante.

Tabla 35 Resumen de los resultados de impactos ambientales

Descripción	Físico	Socio-económico	Total
Impactos irrelevantes	17	8	25
Impactos moderados	0	0	0
Impactos Severos	0	0	0
Impactos Críticos	0	0	0
Total, impactos	17	8	25
Calificación de importancia	-162	-40	-202
Promedio de Impacto	9,52	5	8,08

Fuente: Autor

El promedio de impacto mayor corresponde al recurso físico con un porcentaje de 9,52 el cual significa que la ejecución de la rehabilitación de alcantarillado sanitario por medio de CIPP no tiene mayor impacto ambiental que el método con zanja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se desarrollo una evaluación no convencional y no invasiva para la rehabilitación de Sistemas de Alcantarillado Sanitario en el Ecuador, que ofrece un parámetro que permite estimar el costo de trabajo por cada tubería con la tecnología con zanja y con el proceso CIPP se estimó el precio final de implementación el metro de trabajo por cada diámetro de tubería.
- Mediante la revisión bibliográfica de la tecnología con zanja y CIPP la empresa INTERAGUA que es la encargada de brindar el servicio en la ciudad de
- Guayaquil, se pudo realizar un análisis del precio unitario que toma en cuenta costos de ingeniería de detalle, mano de obra, materiales y maquinaria necesaria para la renovación de redes de alcantarillado.
- La tecnología con zanja considera la norma ASTM D2321 que ofrece valores de ancho de zanja para cada diámetro de tubería, la clase de suelo a trabajar, cimentación y el espesor de tubería previo a la instalación. Así mismo, la tecnología CIPP al no ser invasiva repara la tubería formando un canal nuevo y mediante la norma ASTM 1216, se diseña bajo factores que no reduzcan la capacidad de la tubería inicial.
- Los costos totales en la rehabilitación con zanja son menores en comparación con los de CIPP. Por ejemplo, para una tubería de 600 mm con zanja se toma en consideración mano de obra, materiales y máquinas herramientas necesarias

obteniendo un valor total de \$123,99. A su vez, para la tecnología CIPP el costo total obtenido bajo los mismos parámetros es de \$329,77, lo que da como resultado que en el Ecuador si se trata de una rehabilitación de una longitud relativamente corta es factible la excavación de una zanja. En cambio, si la rehabilitación es muy extensa el proceso CIPP es recomendable su inversión, ya que debido al tiempo de ejecución no afecta a los habitantes si al paso de vehículos si es una zona de alta circulación.

RECOMENDACIONES

- Realizar la misma la evaluación para otras tecnologías no convencional como el CIPP por curado de agua caliente, o el CIPP por colocación a presión de aire y que no sea invasiva para la Rehabilitación de Sistemas de Alcantarillado Sanitario para tener un parámetro de comparación y observar que proceso es mas factible de usar en el Ecuador.
- Para tecnologías sin zanja analizar las máquinas y herramientas necesarias para su aplicación y mediante la obtención de los costos totales comparar técnicamente cual ofrece mayores ventajas en su aplicación.
- Realizar un estudio de impacto ambiental cuando se tenga que realizar una rehabilitación de alcantarillado que afecte a muchas personas y afecte la circulación en la ciudad de Guayaquil.
- Se recomienda realizar un estudio de rehabilitación de sistemas de alcantarillado en las principales ciudades del Ecuador y observar cual es la más empleada, obteniendo datos nacionales del mejor proceso.

BIBLIOGRAFÍA

terraigua.com. (2009). Obtenido de terraigua.com:

http://www.terraigua.com/rehabilitacion_de_tuberias.html

eldiario.ec. (28 de Julio de 2017). Obtenido de eldiario.ec:

<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/438098-deben-cambiar-la-red-sanitaria-para-terminar-con-las-filtraciones/>

Magtel comunicación . (2 de Marzo de 2017). Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=VqyVDLff2Qc&t=6s>

Alvarez, M. (2014). *SISTEMA DE REHABILITACION MEDIANTE MANGA CON CURADO ULTRAVIOLETA*. ESPAÑA.

Aquatec. (2015). *Sistema de rehabilitación mediante manga y curado con radiación ultra violeta*.

Araos, C. (2010). *Estimación de la Energía Consumida en la Construcción de Obra Gruesa de 3 Edificios de Altura Media en la Ciudad de Santiago de Chile*. CHILE.

Banco Central del Ecuador. (2016). *Salario Unificado y Componentes Salariales*. Quito: Banco Central del Ecuador.

Banco Central del Ecuador. (s.f.). *Estadística Banco Central del Ecuador*. Quito.

Banco Mundial. (Abril de 2015). *Banco Mundial*. Obtenido de

<http://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/overview>

Beltrán, A. (2012). Costos y presupuestos . En A. Beltrán, *Costos y presupuestos* (págs. 50-70). Intituti Superior Tecnológico de Tepic.

- Cabello, A. (España). *LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de Estudios:
http://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html
- Canga, J. (2014). *RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y REVEGETACION DE LOS TERRENOS AFECTADOS POR UNA OBRA CIVIL LINEAL. BREVE ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD REALIZADO*. España.
- Cardenas Herrera, S. (9 de Junio de 2016). Obtenido de
https://www.youtube.com/watch?v=_xiVYeIRhtU&t=174s
- Céspedes, F. (08 de 10 de 2016). <http://obrasurbanas.es>. Recuperado el 10 de 12 de 2017, de <http://obrasurbanas.es/colectores-saneamiento-ultravioleta/>
- Cevallos Gordón, J. C. (2015). *Modelo de Gestión Financiera Enfocado en Optimizar las Ventas, Credito y Cobranzas para la Empresa PROAVICEA. CIA. LTDA*. Quito: ESPE.
- De la Curz, M. (2012). *Reparación, rehabilitación y renovación de redes*. México.
- DS, M. (2014). *Manual de boldillo para la instalacion de tuberías*. México.
- El Comercio. (28 de Mayo de 2016). Los materiales tienen tiempo de caducidad. *EL Comercio*, págs. <http://www.elcomercio.com/tendencias/materiales-construccion-caducidad-resistencia-infraestructura.html>.
- Ferever , P. (25 de Febrero de 2015). *REHABILITACION CIPP - FOREVER PIPE UV - DEMOSTRACION ARGENTINA*. Obtenido de
https://www.youtube.com/watch?v=Lgp_LtKBW4g
- Fernández, G. (2014). *PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO*. México.
- Hernández, B. (2004). Técnica industrial. <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1488-grandes-obras-ingenieria-impacto-ambiental.aspx>.

- Herrera, V. (24 de Mayo de 2016). *Construcción Civil*. Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com/2013/04/etapas-en-un-proyecto-de-construccion.html>
- Hidrotec. (09 de Septiembre de 2015). Obtenido de Inspección de tuberías con cámara de TV: <https://www.hidrotec.com/servicios/inspeccion-tuberias-camara-tv/>
- INEC. (2015). *Ecuador cierra septiembre con un desempleo de 4,28%*. Quito: INEC.
- Interagua. (2015). *RENOVACIÓN DE REDES DE AASS EN SUBURBIO OESTE - CUENCA B23 Y B24 LA CHALA*. Guayaquil.
- Márquez, C. (2017). USD 4 254 millones se usarán para los proyectos pendientes. *El Comercio*, 1-8.
- Méndez, S. (2011). *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio*. Quito.
- Ministerio de Finanzas. (2015). *Proforma del Presupuesto General del Estado*. Quito.
- Molina, F. (2011). “*Sistema de Alcantarillado Sanitario para mejorar el estado de vida de los habitantes del sector El Mariscal Sucre Occidental del cantón Saquisilí de la Provincia de Cotopaxi*. Ecuador.
- Molina, F. (2011). *Sistema de Alcantarillado Sanitario para mejorar el estado de vida de los habitantes del sector El Mariscal Sucre Occidental del cantón Saquisilí de la Provincia de Cotopaxi*. Ecuador.
- Moposito, V. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COOPERATIVA DE VIVIENDA LUZ ADRIANA DE LA PARROQUIA SHELL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA*. Ambato.
- Morales, M. (2014). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción*. Costa Rica.

- Municipio de Guayaquil. (11 de mayo de 2016). *guayaquil.gob.ec*. Obtenido de guayaquil.gob.ec: <http://guayaquil.gob.ec/noticias-actuales/251>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO*. Lima.
- Ortega, A. (17 de 03 de 2017). *Obras Públicas*. Obtenido de Evolución en España de las Tecnologías SIN Zanja y sus principales ventajas: <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/183829-Evolucion-en-Espana-de-las-Tecnologias-SIN-Zanja-y-sus-principales-ventajas.html>
- Pacheco, C. (2017). USD 4 254 millones se usarán para los proyectos pendientes. *El Comercio*, 1-5.
- Panatec. (09 de Abril de 2016). *EQUIPOS Y SISTEMAS DE REHABILITACION EN CONDUCCIONES*. Obtenido de <http://www.panatec-agua.com/rehabilitacion-conducciones.php>
- Pavco. (2013). *Renovación ZinZanja*. Colombia.
- Posada, J. (2013). Revista ingenierías. . *ONSUMO DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULOS PARA TRANSPORTE POR CARRETERA –MODELOS PREDICTIVOS–*, pág. <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/693/862>.
- Quijada, R. (2004). *ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS DE LA CIUDAD DE CHIQUIMULA*. Guatemala .
- Rivadenira, J. (2011). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO MORONA SANTIAGO*. Sangolquí, Ecuador.
- Robalino, P. R. (2002). *www.dspace.espol.edu.ec*.

- Rodríguez, R. (15 de 05 de 2014). *Caracol* . Obtenido de http://caracol.com.co/radio/2014/05/15/regional/1400132100_225097.html
- Secretaría Nacional del Agua. (2014). *Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador*. Ecuador.
- Sedapal. . (2017). Tecnología sin zanja. . (págs. 1-4). Perú.
- Serne. (27 de 10 de 2003). *proviasnac.com.pe*. Recuperado el 9 de 12 de 2017, de http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2012/LP0024-2012/Disco01/01.%20VOLUMEN%20I/02.%20ESTUDIOS%20BASICOS/06.%20HIDROLOGIA%20E%20HIDRAULICA/3.0%20TOMO%20III/03.%20ANEXOS/3.2%20ANEXO%20N%C2%BA08_INF.TECN.TUB.PEAD/3.2.1%20ASTM%20D2321.pdf
- SIISE. (2001). *Sistema integrado de indicadores sociales del Ecuador. Versión 3.5*. . Quito.
- Últimas Noticias. (5 de 04 de 2016). *ecuadornoticias.com*. Obtenido de <http://www.ecuadornoticias.com/2016/04/las-10-ciudades-mas-pobladas-del-ecuador.html>
- Universidad de Barcelona. (07 de MARzo de 2017). *¿Cuáles son las etapas de ejecución de un proyecto de obra civil?* . Obtenido de <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/noticias/cuales-son-las-etapas-de-ejecucion-de-un-proyecto-de-obra-civil>
- Valdez, V. (2014). *El agua para construcción*. Perú.