

INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA SIN ZANJA

SERGIO EMILIO MAHECHA MALDONADO

CC: 1026560575



PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

2012

INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA SIN ZANJA

MODALIDAD: PROYECTO DE APLICACIÓN PRÁCTICA-AYUDA DIDÁCTICA

Trabajo presentado para la obtención del título de Ingeniero Civil

Estudiante:

SERGIO EMILIO MAHECHA MALDONADO

CC: 1026560575

Director:

LUÍS ALBERTO JARAMILLO GÓMEZ

Ingeniero Civil



PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Trabajo de Grado titulado “INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA SIN ZANJA”, desarrollado por el estudiante SERGIO EMILIO MAHECHA MALDONADO, en cumplimiento de uno de los requisitos dispuestos por la Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, para obtener el título de Ingeniero Civil, fue aprobado por:

Firma del evaluador

Nombre: _____

CC: _____

Firma del Director de Trabajo de Grado

LUIS ALBERTO JARAMILLO GÓMEZ

CC: 19.267.658

Bogotá D.C., 3 de diciembre del 2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi familia por ser los principales gestores de mi formación, asimismo, por su constante motivación y apoyo durante este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este Trabajo de Grado especialmente a mi familia. Emilio Mahecha B. y L. Amparo Maldonado B. mis padres y D. Felipe Mahecha M. mi hermano; a quienes agradezco por su apoyo incondicional, amor, comprensión y compañía en mi proceso de formación y desarrollo profesional.

De igual manera, agradezco al Ingeniero Luis Alberto Jaramillo Gómez, por su valiosa y constante guía durante el desarrollo de este Trabajo de Grado. Su apoyo y confianza me enfocaron a continuar por este nuevo camino dentro del campo de las Tecnologías sin Zanja.

Por otra parte, quiero agradecer al Ingeniero Luis Guillermo Maldonado (Presidente de ICTIS), y al Ingeniero Juan Carlos Penagos Londoño (Ingeniería especializada de la EAAB), quienes me brindaron total acceso a las principales empresas dedicadas a las tecnologías sin zanja en Colombia. Asimismo quiero agradecer, al Ingeniero Jhon Díaz, Director de Explotación de Bessac Andina; al Ingeniero Mario Pérez, Coordinador Renovación ZinZanja PAVCO; al Ingeniero Alfonso Giedelman, Gerente de Treltec-Ingeniería, al Ingeniero Belkin Franco, Polo Asociados; al Ingeniero Alexander Vargas, Titán y al Ingeniero Víctor Dallos, O-tek; quienes con sus valiosos aportes, tiempo y disposición hicieron parte de la construcción de este Trabajo de Grado.

Finalmente, doy gracias a la Pontificia Universidad Javeriana por brindarme los mejores medios para realizarme personal y profesionalmente. Gracias a todos los profesores y amigos que me acompañaron durante este proceso, y quienes con sus enseñanzas formaron parte de mi desarrollo como Ingeniero.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	22
1.1	INTRODUCCIÓN.....	24
1.2	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	27
2	COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS CONVENCIONALES Y LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	31
2.1	OBRAS DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TÉCNICAS CONVENCIONALES	31
2.2	OBRAS DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA	33
2.3	COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES Y LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA ALCANTARILLADOS	35
3	ASPECTOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE OBRAS	38
3.1	DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA	38
3.1.1	DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA EN COLOMBIA.....	38
3.1.2	DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA EN OTROS PAÍSES.....	39
3.1.3	DIFERENCIA ENTRE SUPERVISOR E INTERVENTOR.....	41
3.2	OBJETIVOS DE LA INTERVENTORÍA.....	42
3.3	PERFILES.....	43
3.3.1	INTERVENTOR	43
3.3.2	CONTRATANTE.....	43
3.3.3	CONTRATISTA	44
3.4	ORGANIGRAMA.....	44
3.5	RESPONSABILIDADES DE LA INTERVENTORÍA.....	46
3.5.1	INTERVENTORÍA ADMINISTRATIVA.....	46
3.5.2	INTERVENTORÍA FINANCIERA	47
3.5.3	INTERVENTORÍA JURÍDICA.....	47
3.5.4	INTERVENTORÍA TÉCNICA	48
3.5.5	INTERVENTORÍA AMBIENTAL.....	49
3.6	METODOLOGÍA DE LA INTERVENTORÍA.....	50
3.6.1	CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA	50
3.6.2	CICLO P-H-V-A (Metodología de control y mejora continua).....	51
3.6.2.1	PLANEAR.....	51

3.6.2.2	HACER.....	52
3.6.2.3	VERIFICAR.....	52
3.6.2.4	ACTUAR.....	53
3.7	INFORMES DE INTERVENTORÍA.....	53
3.7.1	INFORME PERIÓDICO.....	54
3.7.2	INFORME ESPECIAL.....	55
3.7.3	INFORME FINAL.....	55
3.7.4	INFORME SOBRE OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	56
3.8	MARCO LEGAL Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	56
3.8.1	MARCO LEGAL GENERAL.....	56
3.8.2	MARCO LEGAL GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	57
3.8.3	MARCO NORMATIVO GENERAL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ...	58
3.9	ACTIVIDADES COMUNES DE LA INTERVENTORÍA EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	59
3.9.1	VERIFICACIÓN INICIAL DE LA INTERVENTORÍA.....	59
3.9.2	INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	60
3.9.3	CONTROL DEL CRONOGRAMA.....	60
3.9.4	SEGUIMIENTO FINANCIERO.....	61
3.9.5	CONTROL DE LA CALIDAD (QA/QC).....	61
3.9.6	REVISIÓN DEL PERSONAL.....	62
3.9.7	CAMBIOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	62
4	ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA.....	64
4.1	EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	64
4.1.1	ACTIVIDADES PREVIAS PARA UN PROYECTO SIN ZANJA.....	65
4.1.1.1	LIMPIEZA DE LA TUBERÍA.....	65
4.1.1.2	VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS CONFINADOS.....	65
4.1.2	ACTIVIDADES COMUNES DE UN PROYECTO SIN ZANJA.....	67
4.1.2.1	DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA.....	67
4.1.2.2	INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS.....	68
4.1.2.3	POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	69
4.1.2.4	DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO.....	69

4.1.2.5	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA	71
4.1.2.6	MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL 72	
4.1.2.7	RECONEXIONES	73
4.1.3	DOCUMENTACIÓN	73
4.2	ACTIVIDADES PARA LA ENTREGA Y CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	75
4.2.1	PRUEBAS ESTRUCTURALES Y OPERACIONALES	75
4.2.2	INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO	75
4.2.3	RECTIFICACIÓN.....	76
4.2.4	RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	77
4.2.5	ENTREGA	77
4.2.6	CLAUSURA DEL PROYECTO	78
5	INTERVENTORÍA PARA LA INSTALACIÓN NUEVA SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	80
5.1	PIPE JACKING (EMPUJE DE TUBERÍA) Y MICROTUNNELING (MICROTUNELEO).....	80
5.1.1	CUADRO NORMATIVO	81
5.1.2	DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA.....	82
5.1.3	INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS	82
5.1.4	POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	83
5.1.5	DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO	84
5.1.6	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	84
5.1.6.1	TUBERÍA DE HINCADO.....	84
5.1.6.2	EXCAVACIÓN DEL TÚNEL.....	87
5.1.6.3	HINCADO DE TUBERÍA.....	88
5.1.6.4	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LASER DE GUIADO.....	89
5.1.6.5	VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA TUBERÍA.....	90
5.1.7	MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL.....	91
5.1.7.1	SEGURIDAD PARA TRABAJOS CONFINADOS	92
5.1.7.2	RIESGO DE EXPLOSIONES	92
5.1.7.3	VENTILACIÓN	93
5.1.7.4	PRECAUCIONES DENTRO DE LOS POZOS.....	93
5.1.7.5	USO DE QUÍMICOS Y ADITIVOS.....	93

5.1.7.6	ESCOMBROS PELIGROSOS.....	94
5.1.8	RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO	94
5.1.8.1	INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV	94
5.1.8.2	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.....	95
5.1.8.3	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	95
5.1.9	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	96
5.1.10	RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	99
5.2	HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING (HDD) (Perforación Horizontal Dirigida) (PHD) 100	
5.2.1	CUADRO NORMATIVO	100
5.2.2	DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA.....	102
5.2.3	INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS	102
5.2.4	POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	103
5.2.5	DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO	103
5.2.6	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	104
5.2.6.1	RADIO DE CURVATURA	104
5.2.6.2	VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN	105
5.2.6.3	VERIFICACIÓN DE LA TUBERÍA	105
5.2.6.4	VERIFICACIÓN DE LA SOLDADURA	106
5.2.7	MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL... 107	
5.2.8	RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO	108
5.2.8.1	INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV	109
5.2.8.2	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.....	110
5.2.8.3	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	110
5.2.9	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	111
5.2.10	RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	111
6	INTERVENTORÍA PARA LA REHABILITACIÓN SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	113
6.1	CIPP (CURED IN PLACE PIPE)	115
6.1.1	CUADRO NORMATIVO	115
6.1.2	DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA.....	117
6.1.3	INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS	117

6.1.4	POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	118
6.1.5	DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO	118
6.1.6	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	118
6.1.6.1	IMPREGNACIÓN DE LA MANGA	119
6.1.6.2	PRE-LINER	119
6.1.6.3	PRESIONES REQUERIDAS	120
6.1.6.4	LUBRICANTE.....	120
6.1.6.5	CURADO.....	121
6.1.6.5.1	CURADO POR AIRE	121
6.1.6.5.2	CURADO POR AGUA	121
6.1.6.6	UNIÓN DE LA TUBERÍA CON EL POZO DE INSPECCIÓN	122
6.1.7	MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL...	123
6.1.8	RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO	124
6.1.8.1	INSPECCIÓN VISUAL O POR CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV) 126	
6.1.8.2	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.....	127
6.1.8.2.1	PRUEBAS DE EXFILTRACIÓN PARA TUBERÍAS POR GRAVEDAD 127	
6.1.8.2.2	PRUEBAS DE INFILTRACIÓN PARA TUBERÍAS	128
6.1.8.3	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	128
6.1.8.3.1	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y MODULO DE ELASTICIDAD (BENDING)	130
6.1.8.3.2	PRUEBA DELAMINACIÓN.....	131
6.1.8.3.3	PRUEBAS DE RESISTENCIA QUÍMICA.....	131
6.1.8.3.4	ESPESOR DE PARED CIPP.....	132
6.1.9	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	132
6.1.10	RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	135
7	INTERVENTORÍA PARA EL REEMPLAZO EN EL SITIO SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	137
7.1	PIPE BURSTING (Fragmentación De Tubería).....	137
7.1.1	CUADRO NORMATIVO	138
7.1.2	DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA.....	139
7.1.3	INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS	140

7.1.4	POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	141
7.1.5	DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO	141
7.1.6	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	142
7.1.6.1	TUBERÍA.....	142
7.1.6.2	SOLDADURA DE TUBOS	143
7.1.6.3	PENDIENTES Y COTAS DE LA TUBERÍA.....	143
7.1.7	MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL... 144	
7.1.8	RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO	145
7.1.8.1	INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV	146
7.1.8.2	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.....	146
7.1.8.3	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	146
7.1.9	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	147
7.1.10	RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS.....	148
8	FALLAS FRECUENTES DE UN PROYECTO SIN ZANJA.....	150
8.1	INCORRECTA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	151
8.2	ESTUDIOS INADECUADOS DE LAS CONDICIONES DEL SUELO	151
8.3	DEFICIENTE LIMPIEZA E INSPECCIÓN INICIAL.....	151
8.4	IMPREVISTOS DE OBRA.....	152
8.5	DAÑO DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS.....	152
8.6	MANO DE OBRA DEFICIENTE	153
8.7	MAQUINARIA EN MAL ESTADO.....	153
8.8	INADECUADO DESVÍO DEL FLUJO	153
8.9	MAL MANEJO DE LAS CONSTRUCCIONES TEMPORALES.....	154
8.10	INADECUADA INSTALACIÓN DEL MATERIAL.....	154
8.11	INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CONTRATO	154
8.12	OBRAS MAL REALIZADAS	155
8.13	GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEFICIENTE	155
8.14	MAL MANEJO DEL RIESGO	155
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
10	GLOSARIO.....	163
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A. Trabajo de campo.
- ANEXO B. Procedimiento instalación nueva Pipe Jacking y Microtunneling.
- ANEXO C. Procedimiento instalación nueva Horizontal Directional Drilling (HDD).
- ANEXO D. Procedimiento rehabilitación CIPP.
- ANEXO E. Procedimiento rehabilitación CIPP Puntual.
- ANEXO F. Procedimiento reemplazo Pipe Bursting.
- ANEXO G. Formatos.

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Unión típica de la tubería de concreto reforzado.	86
Imagen 2. Desviaciones en la tubería hincada.	91
Imagen 3. Tubería tipo Pipe Jacking.	95
Imagen 4. Accesorio “End-liner-seal”.....	123
Imagen 5. Reapertura de las tuberías laterales.....	125
Imagen 6. Accesorio “Top Hat” y “T-Liner”	126

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Construcción de alcantarillados con zanja abierta.	32
Foto 2. Transporte de tubería.	87
Foto 3. Medidores de temperatura para CIPP.	122
Foto 4. Unión de la tubería con el pozo de inspección.....	122
Foto 5. Extracción de muestra CIPP.....	129
Foto 6. Muestra elaborada en un molde.....	129
Foto 7. Ensayo Bending.	130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Clasificación de las tecnologías sin zanja - Fuente: <i>(Maldonado, Luis Guillermo 2010)</i>	34
Gráfico 2. Organigrama de interventoría típico de obra.	45
Gráfico 3. Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil.....	50
Gráfico 4. Ciclo P-H-V-A.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo para la construcción de alcantarillados.	36
Tabla 2. Diferencias entre Interventor y Supervisor.	41
Tabla 3. Maquinaria y equipos.	69
Tabla 4. Aplicación de las tecnologías sin zanja.	72
Tabla 5. Cuadro Normativo Pipe Jacking.	82
Tabla 6. Criterios de aceptación para Pipe Jacking.	99
Tabla 7. Cuadro Normativo HDD.	101
Tabla 8. Inspección visual de las uniones de la tubería de Polietileno.	107

Tabla 9. Criterios de aceptación HDD.	111
Tabla 10. Grados de deterioro, según norma técnica NS-058.....	114
Tabla 11. Cuadro normativo CIPP.	117
Tabla 12. Propiedades estructurales CIPP.....	130
Tabla 13. Requerimientos de resistencia mínimos para tuberías de alcantarillado.	131
Tabla 14. Criterios de aceptación para los acabados de la manga.	134
Tabla 15. Criterios de aceptación generales para CIPP.	135
Tabla 16. Cuadro Normativo Pipe Bursting.	139
Tabla 17. Criterios de aceptación Pipe Bursting.....	148

LISTA DE ABREVIATURAS

- ASCE** American Society of Civil Engineers
- CCTV** Circuito cerrado de televisión. (Closed Circuit Televisión).
- EAAB** Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- EPB** Earth Pressure Balance Machines
- EPM** Empresas públicas de Medellín.
- GIS** Geographic Information System
- HDPE** Tubería en Polietileno de alta densidad.
- ICTIS** Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura subterránea.
- IDU** Instituto De Desarrollo Urbano.
- ISTT** Asociación Internacional de Tecnología sin Zanjas.
- NASSCO** National Association of Sewer Service Companies
- PACP** Programa de Certificación para la Evaluación de Tuberías
- PDT** Programa detallado de trabajo
- PE** Tubería de polietileno.
- PMA** Plan de Manejo Ambiental.
- PMT** Plan de Manejo de Transito.
- PU** Tubería de poliuretano.
- PVC** Cloruro de Polivinilo.
- SISOMA** Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- TBM** Tunnel Boring Machine.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

0. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

PRESENTACIÓN

Este documento resume los resultados del trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil de Sergio Emilio Mahecha Maldonado. En el que se consigna una propuesta guía para la interventoría de redes de alcantarillado construidas con tecnologías sin zanja, que llene el vacío actualmente existente en la ingeniería colombiana, donde comienza a consolidarse esta tecnología.

Este trabajo de grado se enmarca en la línea que se ha venido desarrollando por parte del departamento de ingeniería civil de la Pontificia Universidad Javeriana relacionado con los siguientes temas:

- Fundamentos de la gestión integral del alcantarillado.
- Aplicabilidad de las tecnologías sin zanja para alcantarillado. (Jorge Andrés Pinzón Abaunza)
- Limpieza, inspección y seguridad en los trabajos de alcantarillado. (Sebastián Ortega Prieto y Juan Sebastián López Rodríguez)
- Rehabilitación.
- Aseguramiento de Calidad.
- Interventoría de redes de alcantarillado con tecnologías sin zanja.

ALCANCE

Este trabajo de grado define los parámetros para la realización de la interventoría técnica en obras con tecnologías sin zanja. Debe aclararse que no se incluyen aspectos de supervisión como se planteó en el título del anteproyecto, por tratarse la supervisión de una actividad diferente a la de interventoría, tal y como se entienden en el medio colombiano.

Para el cumplimiento del objetivo general planteado, se seleccionaron específicamente las metodologías para instalación nueva de tubería de alcantarillado usando las tecnologías de Pipe Jacking, Microtunneling y HDD; para reemplazo de tubería de alcantarillado en el mismo alineamiento como Pipe Bursting; y para rehabilitación de tubería de alcantarillado por medio de CIPP y CIPP Puntual, que son las tecnologías actualmente más empleadas en Colombia y particularmente en Bogotá (*Acueducto de Bogotá, 2012*). En la medida se vayan imponiendo nuevas tecnologías, habrá que ampliar

estos conceptos de interventoría a las mismas. Cabe aclarar que ante la ausencia, actualmente, de una denominación oficial en el idioma castellano de las tecnologías, se han mantenido los nombres aceptados internacionalmente en inglés, a pesar de varios registrados en la web (*Gutierrez, 2006 y Unitracc 2012*).

OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo General

Elaborar una guía para la idónea ejecución de las interventorías, en los aspectos técnicos de proyectos, que empleen tecnologías sin zanja en la construcción o rehabilitación de redes de alcantarillado.

Objetivos Específicos

- Establecer las diferencias entre las interventorías de obras convencionales y las interventorías de obras con tecnologías sin zanja.
- Estructurar un documento guía de interventoría que presente integralmente las actividades y procedimientos que deberán concebirse en proyectos de tecnologías sin zanja, buscando el buen desempeño de los aspectos técnicos.

1.1 INTRODUCCIÓN

La construcción es uno de los principales gestores de crecimiento en la sociedad; este sector tiene el compromiso de exigir que sus procesos y tecnologías sean más amigables con el medio ambiente, más competitivos, más precisos y eficientes día tras día. Su obligación principal está encaminada a mantener el ritmo de vida junto al desarrollo de infraestructura; para lograr este objetivo, debe conseguir que cualquier obra civil optimice tiempo, espacio, recursos y mano de obra. Dentro de la infraestructura que ha venido cambiando a lo largo de los años se destacan las redes de acueducto y alcantarillado, a través de métodos como las tecnologías sin zanja que han surgido por la demanda de tecnologías más eficientes, cambiando la manera de construir, rehabilitar y reemplazar el sistema de redes.

Las tecnologías sin zanja son una línea del sector de la ingeniería, que permite la construcción, rehabilitación o reemplazo de la tubería subterránea con una mínima excavación del terreno. Esta tecnología involucra métodos constructivos, equipos, maquinaria y materiales que reducen o eliminan el impacto ambiental de las obras y los costos sociales asociados a la obra civil. Las aplicaciones de esta tecnología comprenden redes de acueducto, alcantarillado, gas, redes eléctricas, redes relacionadas con la industria petrolera, entre otras.

Para implementar estas nuevas tecnologías, es necesario asegurar que la ejecución de este tipo de obras se realice bajo una normatividad clara que evite una errónea aplicación y una mala calidad del producto; si no se cuenta con un estándar que regule estos proyectos se puede generar resultados improvisados que afectan el cumplimiento de los compromisos adquiridos con la entidad contratante, en consecuencia de lo anterior, se necesitan mecanismos de control que tengan un carácter preventivo y que evalúen los resultados obtenidos.

Una de las formas de control que se maneja en Colombia para tal fin es la interventoría, la cual representa generalmente al dueño de la obra, y tiene como objetivo controlar las actividades realizadas dentro del proyecto garantizando que se realicen de acuerdo con las especificaciones previamente pactadas. Debido a su alto grado de responsabilidad, la interventoría debe tener previamente la experiencia y criterio necesarios, para juzgar y encaminar el proceso, de lo contrario las falencias en la formación de los interventores no le permitirá ser la contraparte efectiva, que acompañe al contratista durante el cumplimiento de sus objetivos específicos. Adicionalmente debe estar acompañado de un plan de actualización constante mediante la asistencia a congresos y seminarios, tanto en Colombia como en el exterior.

Para lograr este objetivo, en el presente documento se establecen las funciones de la interventoría en proyectos de alcantarillado con tecnologías sin zanja; este documento cuenta con once capítulos en los cuales se desarrolla el objeto de este trabajo. En el

primer capítulo, se encuentra la introducción. En el segundo capítulo se hace una comparación de las técnicas convencionales y las tecnologías sin zanja para la construcción de alcantarillados. En el tercer capítulo se establecen los aspectos generales de la interventoría de obras. En el cuarto capítulo se recopilan los aspectos técnicos generales de la interventoría de redes de alcantarillados con tecnologías sin zanja. El capítulo quinto se presenta específicamente la labor de la interventoría para la instalación nueva de alcantarillado (Pipe Jacking, microtunneling y HDD). El sexto capítulo trata sobre la labor de la interventoría en proyectos de rehabilitación para tuberías de alcantarillado (CIPP). El séptimo capítulo establece los parámetros de la interventoría en los proyectos de reemplazo en el mismo alineamiento de tubería de alcantarillado (Pipe Bursting); asimismo, el capítulo número ocho establece cuales son las fallas de los proyectos sin zanja como marco de referencia para mejorar el proceso de la interventoría. Finalmente en el capítulo noveno, décimo y undécimo se encuentran consignadas las conclusiones y recomendaciones, el glosario y las referencias bibliográficas respectivamente.

Para la realización de este trabajo y siguiendo los objetivos planteados se desarrollaron varias actividades que soportan los datos consignados en este documento; tales actividades son:

- Búsqueda de información en medios físicos y magnéticos: La información recopilada proviene de manuales de interventoría para tecnologías sin zanja de otros países (Ej. Swarup-2012), de libros, tesis, papers, catálogos, presentaciones de los congresos realizados por ICTIS, páginas de internet, normas colombianas (NTC y EAAB) y especialmente los estándares internacionales como ASTM, ISO, DIN y BS.
- Reuniones con contratistas: Se realizaron varias reuniones con las principales empresas contratistas en Colombia involucradas en la ejecución de proyectos con tecnologías sin zanja utilizando las metodologías de Pipe Jacking, microtunneling, CIPP, HDD y Pipe Bursting. Asimismo, con los fabricantes y proveedores de las tuberías y equipos en Colombia.
- Visitas técnicas: Como parte del proceso de entendimiento de las tecnologías y problemáticas asociadas, se realizaron visitas a obras de redes de alcantarillado en Bogotá.
- Reuniones de retroalimentación: Como parte del trabajo de grado se realizaron reuniones de retroalimentación con cada uno de los contratistas involucrados en el tema y con la empresa de Acueducto de Bogotá. En cada una de estas reuniones se rectificaron las labores que debe realizar el interventor, las normas internacionales y nacionales con la cual se diseñan, instalan y realizan ensayos. Además se definieron cuáles deberían ser los criterios y tolerancias que debe exigir el contratante. (Dentro del anteproyecto se estableció la necesidad de realizar una socialización de la propuesta preliminar por parte de gremios y empresas de acueducto y alcantarillado de Bogotá; para dar cumplimiento a este objetivo se evaluó la conveniencia de realizarlo de forma individual por motivos de disposición de tiempo de los contratistas.)

La descripción ampliada de estas actividades, se consigna en el ANEXO A de este documento, bajo el título "Trabajo de campo".

1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La Tecnología Sin Zanja es un término relativamente nuevo en Colombia y su aplicación no supera los 18 años, en comparación con la gran experiencia a nivel mundial. Con sus antecedentes conocidos en Inglaterra y Estados Unidos hacia 1900, y su mayor desarrollo tecnológico en los años 80 del siglo recientemente terminado. Las tecnologías sin zanja (Trenchless) de acuerdo con The International Society for Trenchless Technology, se define como "una familia de métodos, materiales y equipos capaces de ser utilizados para una nueva instalación, reemplazo o rehabilitación de la infraestructura subterránea existente con un mínimo de perturbación del tráfico, el comercio y otras actividades. " (ISTT, 2012)

Esta tecnología ha sido una opción frente a los múltiples inconvenientes que representan los métodos tradicionales de construcción de las redes de servicios públicos a cielo abierto, entre ellos se destacan, la afectación del comercio circundante a la obra, los cierres y desviaciones del tráfico en la zona, el ruido y la contaminación visual, excavaciones, entre otros. Hoy en día existen muchas tecnologías dentro de la familia sin zanja, sin embargo, los métodos constructivos Trenchless más utilizados en el mundo son: para nueva instalación Perforación Horizontal Dirigida (HDD), hincado de tubería con gato (Pipe Jacking), microtuneleo (Microtunneling), el hincado de tubería con desplazamiento de suelo (Pipe Ramming), y Tunner liner; para el reemplazo de tubería en el mismo alineamiento, la fragmentación de tubería (Pipe Bursting). (Ma & Najafi, 2008)

Como reflejo del interés y el desarrollo entorno a las tecnologías sin zanja se formó en 1986 la primera institución gremial a nivel mundial, el ISTT (International Society For Trenchless Technology) con sede en Londres, creada con el objeto de "avanzar en el conocimiento y la práctica de la tecnología sin zanja para el beneficio público, promoviendo la educación, la formación, el estudio, la investigación y la publicación de estas tecnologías" (ISST, 2012). En 1995 se creó en España la ibSTT (Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja); asimismo, en 1998 se fundó en China el CSTT (China Society For Trenchless Technology). Otros países como India cuenta con la institución IndSTT (Indian Society for Trenchless Technology) el cual posee una amplia producción académica entorno a las tecnologías sin zanja; en la actualidad existen 26 sociedades afiliadas con presencia en los 5 continentes que promueven el uso de estas tecnologías.

En Colombia la primera aplicación de tecnologías sin zanja data en los años 80 gracias a la EAAB quien inicia un proyecto para alcantarillados llamado Bogotá IV. Este megaproyecto tuvo como locación el sector de la calle 116 con carrera séptima, iniciando la aplicación de las tecnologías sin zanja. En este proyecto se instalaron redes de tubería que contaban con diámetros mayores a 1 metro y longitudes lineales entre 30 a 50 metros de distancia. (Lobo, Johanna. 1997). Posteriormente, en el año 1992 se realizó la consultoría del ingeniero James C. Thompson a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con motivo de la reparación de la tubería del sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá en el sector de Tibitoc-Casablanca, con una longitud de 32km y una sección de 2 metros de diámetro (Jaramillo, Luis, 2010). A partir de esa fecha

y durante todos estos años las tecnologías sin zanja han ampliado su incursión en la construcción colombiana; un ejemplo de ello, es la obra que se realiza desde el 2010 por la firma brasilera ODEBRECHT en Bogotá, con una duración aproximada de 30 meses, mediante la técnica de instalación de tubería nueva con Dovelas (Segmental Lining installation) en el interceptor de Tunjuelo-Canoas, con una longitud de 11.1 km y un diámetro aproximado de 4000mm; usando una tuneladora tipo EPB suministrada por la empresa Herrenknecht.

En Colombia, la institución encargada de promover el desarrollo y la aplicación de tecnologías sin zanja es el Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea (ICTIS - CISTT), fundada en el 2009 por representante de cinco empresas: EPM, PAVCO, TRELTEC, BESSAC Y TITÁN, que reúne organizaciones con intereses profesionales comunes que engloban aspectos técnicos, económicos, ambientales y de servicios en función de esta tecnología. Dentro de la filosofía de ICTIS se encuentra la permanente divulgación de eventos relacionados con Tecnologías “Trenchless”, uno de estos eventos son los congresos latinoamericanos de tecnologías sin zanja, que tienen como principal objetivo promover el conocimiento en torno a dichas tecnologías; en estos congresos se ha hecho referencia a las principales falencias que se presentan actualmente en la implementación de los métodos en Colombia, tal como (*Maldonado, Luis Guillermo, 2010*):

- Falta de Socialización de las tecnologías.
- Mano de obra calificada escasa.
- Deficiente información de redes existentes, para planeación de las obras.
- Falta de interventoría especializada en los contratos de obras sin zanja.

De acuerdo con las falencias tratadas anteriormente, se destaca la falta de calidad en la interventoría de proyectos trenchless, tal y como se ha manifestado por los miembros del ICTIS (*Maldonado, Luis Guillermo, 2010*); la ejecución de la mayoría de proyectos sin zanja ha tropezado con la dificultad que tienen los contratistas cuando se enfrentan a entidades interventoras con poca o nula experiencia, generando dos posibles escenarios:

- Un primer escenario, en el cual el Interventor tiene poco o nada que aportar, quedando a discreción del contratista la toma de las decisiones más relevantes sin una contraparte efectiva.
- Un segundo escenario, en el cual el interventor, debido a su inseguridad y desconocimiento se convierte en un obstáculo permanente al querer tomar parte en todas las decisiones desde las más simples hasta las más complejas. En palabras de los mismos contratistas, van aprendiendo sobre la marcha.

A causa de ello, se hace necesario contar con herramientas para estandarizar y encaminar las buenas prácticas de la interventoría de este tipo de obras, que garantice su ejecución de acuerdo con los requerimientos, especificaciones, y planos establecidos contractualmente (*Maldonado, Luis Guillermo, 2010*).

La Pontificia Universidad Javeriana ha sido el primer miembro de carácter académico en vincularse con el ICTIS y, a través, del departamento de Ingeniería Civil, se ha propuesto difundir y ampliar el nivel de conocimiento en torno a estas tecnologías que están iniciando su incursión en la ingeniería colombiana. Es en este entorno que nace esta propuesta de trabajo de grado, la cual pretende generar una guía de interventoría técnica, dirigida a los miembros involucrados en el sector trenchless, con el objeto de mejorar la calidad de las obras de construcción por realizarse en Colombia.

CAPÍTULO 2

COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS CONVENCIONALES Y LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO

2 COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS CONVENCIONALES Y LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO

La construcción de nuevas redes que complementen el servicio que proporcionan las redes existentes, debería resolver el problema del aumento de la población en los centros urbanos. Sin embargo, debido al envejecimiento de la red que supera en algunos casos los 50 años, sumado al aumento de la carga que debe transportar, más el deterioro interno, las obstrucciones y los derrumbes dentro del sistema, no permitirá el óptimo funcionamiento, convirtiéndose en el principal motivo para que la red colapse; sobrepasando su capacidad lo que conlleva a desbordes y contaminación en la superficie, que afectan gravemente la salud humana.

Este escenario es uno de los principales factores para efectuar la construcción de nuevas líneas de tubería y realizar la rehabilitación o el reemplazo dentro de la red, que mejoren las condiciones internas del tubo. Esta actividad puede realizarse ya sea por métodos convencionales de zanja abierta o por las metodología sin zanja; la elección entre cada una de estas posibilidades no debe depender únicamente de los costos directos asociados al proyecto; por el contrario, deben ser seleccionados por los costos sociales y ambientales que representa esta actividad. Dadas estas condiciones, a continuación se describe estas dos opciones para la construcción de redes de alcantarillado.

2.1 OBRAS DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TÉCNICAS CONVENCIONALES

Tradicionalmente los proyectos de obra para la instalación nueva o reemplazo de redes de servicios públicos se realiza con los métodos de zanja abierta¹ o zanja estrecha²; en estos proyectos generalmente se generan cortes en el pavimento, excavaciones, desvíos del tráfico, ruido, contaminación ambiental, interrupción del comercio circundante, entre otros (Foto 1). La construcción por zanja abierta usualmente contempla las siguientes etapas:

- Replanteo de la zanja.
- Desvío del tráfico y señalización de la zona de trabajo.
- Despeje y descapote del terreno.
- Identificación y desviación de las acometidas afectadas.
- Excavación de la zanja de acuerdo a la línea de eje (manualmente o con maquinaria).

¹Zanja abierta: Sistema tradicional de apertura de zanja con taludes o entibados en sus costados.

²Zanja estrecha: Sistema que utiliza maquinaria equipada con cortadoras o cucharones, capaces controlar el ancho y la profundidad de la excavación.

- Acopio del material excavado.
- Instalación de tablestacados, vigas o puntales para retener el suelo de las paredes de la zanja.
- Bombeo de agua presente en la zanja.
- Nivelación y afinación del terreno para la instalación de la tubería.
- Instalación y tendido de la tubería nueva.
- Realizar uniones, empates, reapertura de las conexiones domiciliarias, cajas de inspección etc.
- Búsqueda, preparación del material y relleno de la zanja.
- Compactación de la zanja.
- Repavimentación de la zona donde se realizó la zanja.
- Puesta en servicio.



Foto 1. Construcción de alcantarillados con zanja abierta.

Fuente: (<http://monikus2010.blogspot.com/2010/09/excavaciones-zanjas.html>)

No hay duda que, los métodos convencionales de zanja abierta tienen efectos directos e indirectos sobre la zona intervenida, entre los cuales pueden mencionarse:

- Demoras en la ejecución de las obras porque algunas zonas están vedadas por el paso de líneas férreas, vías concesionadas o zonas donde existen planes de ordenamiento territorial.
- Retrasos en las obras a la espera de permisos y licencias.
- Interrupción de la movilidad y la generación de congestiones y accidentes.
- Deterioro de la calidad de vida debido al ruido y la contaminación.
- Rotura total del concreto o el pavimento, en andenes y vías.
- Interrupción de los servicios públicos.
- Afectaciones a edificios, árboles, monumentos etc.
- Disminución o pérdida del comercio en la zona.

- Cortes prolongados en los servicios de agua.
- Grandes volúmenes de excavación y relleno.
- Colapsos por remoción de tierras.
- Contaminación y consumo de recursos

2.2 OBRAS DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

Las tecnologías sin zanja son una familia de métodos, materiales y equipos capaces de ser utilizados para la construcción, reemplazo o rehabilitación de la infraestructura subterránea existente con un mínimo de perturbación. Actualmente la familia de tecnologías sin zanja a nivel mundial cuenta con una gran variedad de métodos implementados en las redes de gas, teléfono, redes eléctricas, fibra óptica, agua potable, alcantarillado entre otras. Estas tecnologías se clasifican en cinco grandes grupos (Gráfico 1):

- Instalación nueva de tubería.
- Rehabilitación de tubería.
- Rehabilitación de pozos.
- Reemplazo de tubería.
- Limpieza, inspección, diagnóstico y localización de redes.

En Colombia las tecnologías sin zanja que más son utilizadas en la actualidad son: (Penagos, 2012)

- Instalación nueva de tubería: Pipe Jacking, Microtunneling, y HDD
- Rehabilitación de tubería: CIPP y CIPP Puntual.
- Reemplazo de tubería: Pipe Bursting.

Dadas estas condiciones, en el presente trabajo de grado se desarrollarán los temas que tienen que inspeccionar la interventoría en los aspectos técnicos para estas cinco tecnologías básicas.

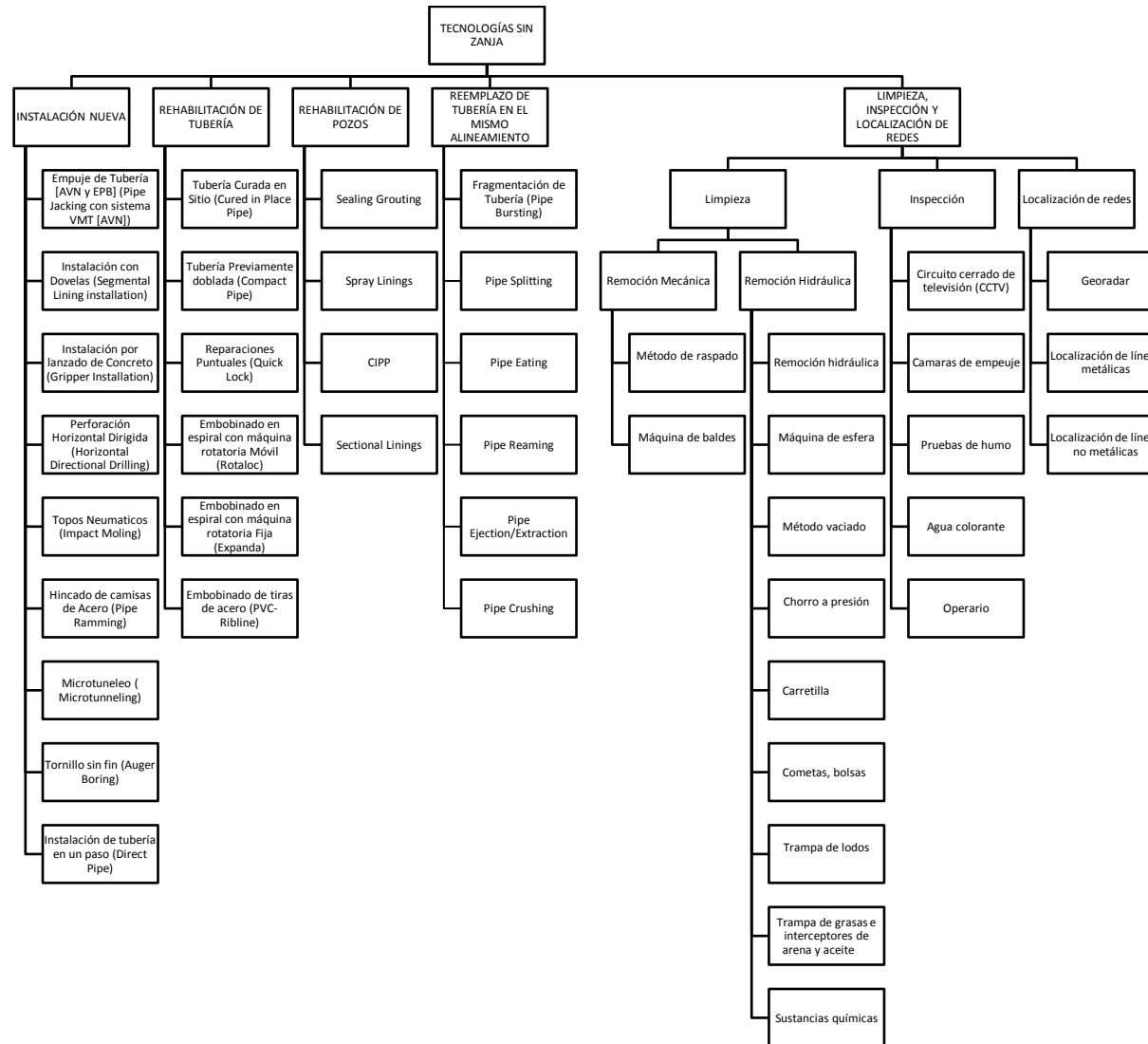


Gráfico 1. Clasificación de las tecnologías sin zanja - Fuente: (Maldonado, Luis Guillermo 2010)

2.3 COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES Y LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA ALCANTARILLADOS

Existen muchas ventajas de las tecnologías sin zanja frente a los métodos convencionales, ambos métodos tienen la misma finalidad, pero en muchos aspectos tienen actividades que la diferencian una de otra. En comparación con los métodos convencionales las tecnologías sin zanja disminuyen considerablemente las afectaciones nombradas anteriormente en el numeral (2.1); es allí, donde las tecnologías sin zanja se presentan como la solución de ingeniería más efectiva o en algunos casos la única solución, debido a sus múltiples beneficios y su alto nivel de precisión, independientemente del tamaño del proyecto, y de las condiciones geológicas e hidráulicas de las zonas. Asimismo, las tecnologías sin zanja presentan una variedad de ventajas únicas, por ejemplo: (Swarup, Niranjan 2012)

- Para la instalación de tubería nueva, el contratista puede taladrar e instalar la tubería en el estrato geológico y geotécnico más favorable, independientemente de la profundidad.
- Para tuberías de alcantarillado se retiene el flujo a gravedad y se evita la utilización de estaciones de bombeo.
- Un mejor aprovechamiento de las condiciones geológicas y geotécnicas del suelo.
- Se maximiza el espacio desarrollable del estrato geológico. Dado que, es posible excavar debajo de estructuras existentes como edificaciones, vías, ríos o ferrocarriles, sin afectarlos.
- Se puede utilizar en condiciones de estratos geológicos contaminados.
- Se puede instalar tubería en cualquier condición climática.
- Se controla el deterioro de las redes subterráneas.
- Se puede trabajar bajo el nivel freático.
- A diferencia de los proyectos de zanja abierta, generalmente no existen obstáculos que no se puedan superar a lo largo del tramo.
- La realización de trabajos confinados se realizan de manera más eficiente.
- En el caso de rehabilitación y reemplazo, mediante la nueva infraestructura se mejoran las características físicas de la red y la capacidad hidráulica.
- Reduce el impacto socio-ambiental: disminución de ruido, polvo, molestias a la comunidad, daños a predios en el área de afectación y contaminación visual.
- Reduce los costos por excavación y rellenos.
- Disminución de tramitología en solicitud de permisos ambientales a las respectivas autoridades, por reubicación de árboles, cambio de curso de los ríos, daño de ecosistemas nativos, e intervención de hábitat de especies endémicas.

Dadas estas comparaciones, la interventoría deberá enfocar sus actividades a cada tipo de obra de construcción de alcantarillados. La comparación entre los aspectos técnicos de las obras de zanja abierta convencionales y las realizadas con tecnologías sin zanja, se encuentran consignados en la Tabla 1.

Interventoría de obras de alcantarillado para instalación nueva, rehabilitación y reemplazo.						
ACTIVIDADES	OBRAS CON ZANJA			OBRAS SIN ZANJA		
	Instalación Nueva	Rehabilitación	Reemplazo	Instalación Nueva	Rehabilitación	Reemplazo
Ruta topografía y replanteo de redes	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Compra de predios	SI	N/A	NO	NO	NO	NO
Permisos para intervenir el espacio público	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Limpieza e inspección inicial de la tubería	NO	N/A	NO	NO	SI	SI
Movilización de equipos y personal	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Transporte y almacenamiento de tubos y otros materiales	SI	N/A	SI	SI	NO	SI
Descapote y corte de la vía a lo largo del eje de la tubería	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Cercamiento perimetral, desvío del tráfico y señalización	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Apertura de zanjas (Incluyendo apuntalamiento y estabilización de taludes)	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Apertura de pozos de acceso para el ingreso de la maquinaria	NO	N/A	NO	SI	SI*	SI
Nivelación del fondo de la zanja para tender la tubería	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Tendido de tubería	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Instalación de recubrimiento para la protección de las juntas de tubería	SI	N/A	SI	SI	NO	NO
Deshidratación del suelo excavado	SI	N/A	SI	SI	NO	SI
Bombeo y desvío del flujo (Bypass)	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Acopio, y transporte del suelo excavado	SI	N/A	SI	SI**	NO	SI**
Rellenos	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Compactación del suelo de relleno	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Ensayos de resistencia de la tubería	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Pruebas hidrostáticas y / o inspección interna	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Restitución del espacio en la superficie	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Construcción Base Granular y repavimentación	SI	N/A	SI	NO	NO	NO
Inspección final con CCTV	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Reconexiones de acometidas, pozos etc.	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Desmote de maquinaria	SI	N/A	SI	SI	SI	SI
Planos As-Built	SI	N/A	SI	SI	SI	SI

* Solo cuando no exista un pozo de entrada cercano.

**La proporción del suelo removido es en una proporción muy pequeña respecto al método de zanja abierta.

Tabla 1. Cuadro comparativo para la construcción de alcantarillados.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE OBRAS

3 ASPECTOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE OBRAS

La interventoría es uno de los tres principales actores implicados en la construcción de obras civiles (contratante, contratista, interventor, asesor, diseñador, etc.); de ella depende el control y seguimiento de factores como son: el tiempo, la calidad y el costo del proyecto; como consecuencia de ello, es de vital importancia el estudio de la misma, que nos lleven a comprender sus implicaciones y alcances y en forma muy especial, sus responsabilidades. Considerando los diferentes aspectos que deben ser evaluados y controlados durante la construcción, el presente capítulo surge dada las necesidades de conocer la definición de interventoría, sus alcances, sus responsabilidades, su metodología, qué informes debe presentarse, las normas que la rigen, etc.

3.1 DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA

En primera instancia, es necesario puntualizar el término interventoría, debido a que existen múltiples definiciones elaboradas por diferentes agremiaciones, organizaciones y entidades públicas y privadas tanto en Colombia, como a nivel mundial, con el fin de precisar el concepto aplicable para el presente trabajo de grado.

3.1.1 DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA EN COLOMBIA

La industria de la construcción en Colombia ha evolucionado durante el paso del tiempo y con ella se han creado figuras de control que permiten tanto al contratista como al contratante determinar el estado de la obra, la figura que se implementó para para cumplir con este objetivo es la interventoría, por ello su éxito depende de la interpretación del alcance de la misma. A continuación se presentan una serie de definiciones sobre la interventoría que se han adoptado en Colombia a lo largo de los años por diferentes instituciones:

- a) El Interventor se define según la Ley 400 de 1997 como:

“Es el profesional, ingeniero civil, arquitecto o constructor en arquitectura e Ingeniería, que representa al propietario durante la construcción de la edificación, bajo cuya responsabilidad se verifica que esta se adelante de acuerdo con todas las reglamentaciones correspondientes, siguiendo los planos, diseños y especificaciones realizados por los diseñadores.” (*Alcaldía Mayor De Bogotá, 1997*)

- b) Según el diccionario de la Lengua Española el Interventor se define como:
“(Del latín *interventor*, -ōris) Persona que autoriza y fiscaliza ciertas operaciones para asegurar su corrección.” (*Diccionario de la Lengua Española*, 2012)
- c) Según la Secretaria de Educación el Interventor se define como:
“Es la persona natural o jurídica encargada de vigilar la ejecución de un contrato y hacer cumplir las obligaciones que de éste se deriven.” (*Secretaría Distrital De Educación*, 2003)
- d) Según el decreto 2090 de 1989 la interventoría se define como:
“Se entiende por interventoría el servicio prestado por un profesional o persona jurídica especializada, para el control de la ejecución del proyecto arquitectónico o de la construcción. El Interventor es el representante de la Entidad Contratante durante todas las etapas del proyecto: planos, etapa previa, ejecución y liquidación.” (*Sociedad Colombiana De Arquitectos*, 1989)
- e) Según el manual del Ministerio De Educación Nacional sobre procedimientos de interventoría y supervisión de contratos propone dos definiciones la primera a quien presta el servicio y la segunda que es la interventoría.
-“Servicio prestado a una entidad contratante por un profesional especializado o empresa calificada en la auditoría y control de la ejecución de proyectos.” (*Ministerio De Educación Nacional*, 2007)
-“La interventoría es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia de conformidades o no conformidades de la ejecución, evaluando de manera objetiva los productos con el fin de determinar si se cumplen las normas y los requisitos del contratante o cliente.” (*Ministerio De Educación Nacional*, 2007)
- f) Según el manual de interventoría para la rehabilitación y mantenimiento vial la interventoría se define como:
“una labor ejercida por una persona natural o jurídica, que representa a la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial (UAERMV), ante los contratistas de consultorías, suministros, obra y demás actividades, productos o servicios que contrate la UAERMV.” (*UAERMV*, 2008)

3.1.2 DEFINICIÓN DE INTERVENTORÍA EN OTROS PAÍSES

En muchos países la función de control de contratos no se conocen con el término de interventoría, inclusive su figura es un poco distinta; por ejemplo:

En Estados Unidos existen varias figuras dependiendo el Estado y la entidad. Una primera figura que se conoce es la denominada “Townsend”, se refiere principalmente a la auditoria de contratos (contract auditing), y se define como aquella actividad que verifica el cumplimiento del objeto del contrato, los informes sobre su ejecución y la gestión de los administradores del mismo. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

En el condado de los Ángeles se utiliza la figura de “Contract Monitoring” o monitoria de contratos y se define como el proceso regular de evaluación del desempeño de una entidad, con base en la medición de los servicios o productos contratados y la verificación del cumplimiento de la agencia de los términos y condiciones pactados en el contrato suscrito con el estado. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

Otro término utilizado es el de “Contract Compliance Audit o Monitoring” o (Auditoria o Monitoreo del Cumplimiento del Contrato) y tiene como objetivo revisar el cumplimiento de las políticas de contratación, el cumplimiento en la ejecución de los contratos y el estado de las actividades contratadas después de la expiración del contrato; este término es usado principalmente en los gobiernos locales de Berkeley, Houston, Seattle; Las Vegas entre otros. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

Además, cuando en aquellos casos la vigilancia del contrato es realizada por un agente diferente de las partes se utiliza la expresión “Independent Oversight” o vigilancia independiente, principalmente en los de Texas y Georgia. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

En el caso de España, la auditoria de contratos también se encarga del análisis de costos y precios de los bienes que adquiere el estado, sin afectar los controles que se realizan durante la ejecución del proyecto. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

Para el caso de Argentina existe un sistema de seguimiento de contratos, llamado inspección, que cumple funciones similares a la interventoría en Colombia. Y tiene como objetivo auditar los contratos posteriormente a su ejecución, esta figura representa a la autoridad de aplicación del contrato, además, sus atribuciones y alcances quedaran establecidos en la documentación contractual. *(Jiménez, Manuel, 2007)*

Uno de las principales entidades de tecnologías sin zanja en el mundo es el indSTT (Indian Society for Trenchless Technology), según esta organización la figura que utilizan es “Project Supervision” o supervisión de proyectos, la cual es definida como el proceso de planeamiento, organización, motivación, coordinación y control de las obras, los equipos, los bienes y los trabajadores, necesaria para buen término de cualquier proyecto. Cabe anotar que la actividad de supervisión, en este caso, se refiere específicamente a dirección de obra. *(Swarup, Niranjan, 2012)*

Según las definiciones anteriores y para el presente trabajo de grado se puede establecer que la interventoría se define como:

Un servicio prestado por una persona natural o jurídica que representa a la entidad contratante y bajo su responsabilidad recae la vigilancia de la ejecución de la obra. Asimismo, tiene como objetivos controlar, exigir, prevenir y verificar las actividades realizadas de acuerdo con parámetros previamente definidos y las obligaciones pactadas en el contrato.

Dentro de este contexto, es necesario puntualizar si existe o no diferencia entre un supervisor y un interventor; este cuestionamiento será tratado en el siguiente numeral.

3.1.3 DIFERENCIA ENTRE SUPERVISOR E INTERVENTOR

Tanto el Interventor como el supervisor representan al contratante y se encargan de ejercer las labores de seguimiento y vigilancia para la correcta ejecución de los contratos. Sin embargo se diferencian en varios aspectos; a continuación se presenta una tabla comparativa entre el Interventor y el Supervisor:

INTERVENTOR	SUPERVISOR
Es un contratista independiente de la entidad	Es ejercida por un funcionario designado de la entidad
La pueden ejercer personas naturales o jurídicas contratadas por la entidad mediante un concurso de méritos	Solo la ejercen personas naturales (servidores públicos)
Solo es obligatorio en relación con el contrato estatal de obra pública que haya sido celebrado previo al desarrollo de una licitación pública	Constituye la regla general en torno al deber legal de vigilar el cumplimiento del objeto del contrato estatal

Tabla 2. Diferencias entre Interventor y Supervisor.

Fuente: (Suárez Beltrán & Asociados, 2012)

El interventor seleccionado, debe tener o acreditar conocimientos técnicos básicos o especializados, que se relacionen directamente con el objeto contractual, preferiblemente con experiencia en la intervención de objetos relacionados al que se le va a asignar. (SENA, 2007)

El interventor se designa en los casos que la ley obliga contratar esta figura, o cuando la Entidad considere necesario contratarlo, sea por la naturaleza, cuantía o por el objeto,

deberá ser seleccionado de manera anterior o al menos simultánea a la selección del contratista al que se le realizara el seguimiento. Sin embargo, el perfeccionamiento y legalización del contrato del interventor deberá realizarse antes del que se vigilará, para que él pueda cumplir las funciones relacionadas con el control y supervisión en el perfeccionamiento y legalización del contrato. (SENA, 2007)

3.2 OBJETIVOS DE LA INTERVENTORÍA

La Interventoría, implica una posición imparcial, en la interpretación del contrato y en la toma de decisiones, para ello la Interventoría debe cumplir con los siguientes objetivos (Ministerio de ambiente, 2012):

- **Controlar:** Este objetivo es el más importante y se logra por medio de una labor de inspección, asesoría, supervisión, actualización, comprobación y evaluación, de manera permanente sobre las etapas del desarrollo del contrato.
- **Exigir:** si la interventoría encuentra que durante la ejecución del contrato no se está cumpliendo estrictamente con las cláusulas pactadas, debe exigir al contratista el cumplimiento de sus obligaciones, fundamentándose en el contrato y las garantías adquiridas. Asimismo el interventor debe pedir al contratista oportunamente, que subsane de manera inmediata, las deficiencias encontradas.
- **Colaborar:** La interventoría y el contratista conforman un grupo de trabajo cuya labor es resolver problemas de orden técnico y lógico. El interventor en consecuencia desarrollará mejor su función integrándose a dicho equipo, sin que ello signifique la renuncia al ejercicio de sus atribuciones y responsabilidades específicas o pérdida de su autonomía e independencia frente al contratista.
- **Prevenir:** El control no está destinado exclusivamente a la generación de sanciones sobre las faltas cometidas, por el contrario, debe prevenir y corregir los conceptos erróneos, impidiendo que se desvíe el objeto del contrato o el incumplimiento de las obligaciones adquiridas.
- **Verificar:** Cada uno de los objetivos enunciados se cumplen mediante el control de la ejecución del contrato para poder establecer su nivel de cumplimiento, esta realidad se concreta mediante la aplicación de correctivos, la exigencia del cumplimiento de lo pactado y la solución de los problemas.

Una vez conocidos los objetivos de la interventoría, es necesario entonces, definir cuál es el perfil que debe tener un interventor para asegurar la efectividad de su gestión, como se puntualiza en el siguiente numeral.

3.3 PERFILES

La designación del Interventor debe recaer en una persona idónea, con conocimientos, experiencia y perfil apropiado que se ajuste al objeto del contrato; asimismo debe poseer la disponibilidad y logística para desarrollar las funciones. Como su principal función es el control, no deberá desconocer los límites de sus atribuciones, incursionando en campos donde los contratistas sean autónomos llegando al punto de co-administrar y co-ejecutar la obra. Para ello es necesario establecer qué competencias y capacitación debe tener tanto el interventor como el contratante y el contratista.

3.3.1 INTERVENTOR

Debe poseer una amplia experiencia en el campo de la construcción, con la especialidad similar a las funciones en las cuales se va desempeñar en la obra. Debe ser un profesional graduado y con matrícula profesional, preferiblemente haberse desempeñado en cargos anteriores similares, aunque comúnmente la experiencia en el campo es definida por la entidad contratante, debe poseer conocimientos en la aplicación de normas sobre contratación y las normas aplicables a la obra civil. *(Maldonado, José, 2000)*

Aparte de su posición de vigilante en la obra su función debe también ser crítica, orientar y detectar deficiencias, efectuando los análisis correctivos, sin embargo, no está destinado exclusivamente a la generación de sanciones sobre el incumplimiento de las obligaciones, sino que, debe corregir los conceptos erróneos, impidiendo que se desvíe el objeto del contrato.

Asimismo, debe permanecer actualizado y documentado para atender los posibles cambios tecnológicos y/o metodológicos en el contrato.

Por último debe poseer un alto nivel moral y dar un estricto cumplimiento de las normas del código de ética profesional, debido al nivel de responsabilidad social debe hacer ver las consecuencias negativas de las determinaciones improvisadas. *(Maldonado, José, 2000)*

3.3.2 CONTRATANTE

Es el propietario de la obra quien efectúa la inversión, puede ser realizada por la empresa pública o privada, además puede tener una especialidad similar a la ingeniería o ser totalmente ajena a ella. *(Maldonado, José, 2000)*

3.3.3 CONTRATISTA

Es una persona natural o jurídica, responsable de la ejecución de la obra, siguiendo los lineamientos planteados en el contrato (especificaciones, costo, plazo etc.), entre sus responsabilidades esta velar por la integridad de la obra, la salud de sus trabajadores y la presentación de garantías que lo respalden durante la ejecución del contrato. (Maldonado, José, 2000)

Como se expuso anteriormente, la designación del Interventor debe recaer en una persona idónea, con conocimientos, experiencia y un perfil apropiado de acuerdo con el objeto de la Interventoría, sin interponerse en la autonomía del contratista. De igual manera, es necesario conocer cómo está organizada la interventoría dentro de la obra y cuáles son rutas de comunicación al interior de la misma; para tal efecto se debe crear un organigrama que defina cuál es la jerarquía, tal como se establece en el siguiente numeral.

3.4 ORGANIGRAMA

Un organigrama es un ordenamiento jerárquico que permite establecer funciones dentro de un grupo, el cual hace referencia a las actividades que desempeña cada individuo, de igual forma, delimita el trabajo; esto permiten el ahorro de tiempo y procedimientos, obteniendo una mayor eficiencia y calidad en la obra. El organigrama generalmente va acompañado de un manual de organización de funciones que describe en detalle cada individuo del esquema. La complejidad del diseño depende principalmente de la magnitud del proyecto y los requerimientos del contrato. Normalmente una interventoría posee los siguientes miembros:³

- Director: depende principalmente de las características de la obra y tendrá a su cargo el control y la coordinación total de la obra.
- Jefe de interventoría o interventor: debe tener una amplia experiencia técnica y administrativa en construcción civil.
- Grupo de profesionales y técnicos especialistas: tendrán a cargo la ejecución técnica, aplicando las especificaciones y normas del pliego de condiciones, además tendrán a cargo el control de calidad de las obras, el seguimiento del cronograma de obra, la medición de los cortes de obra y aprobarán las actas y

³MALDONADO, José. Manual guía de interventoría de obra.
<<http://www.siceditorial.com/ArchivosObras/obrapdf/TA03052332005.pdf>> [citado el 19 de julio del 2012] p.22-23

facturas de obra para su respectivo pago y la liquidación al acuerdo a satisfacción de las partes.

- Grupo de materiales: su función es controlar la calidad de los materiales que van a ser usados por el contratista en la obra, siguiendo las especificaciones del contrato.
- Supervisor SISOMA: estará a cargo de la vigilancia en seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente en el lugar intervenido por la obra civil.
- Grupo administrativo: sus funciones parten del control de los trámites contables, tributarios, legales, control de personal entre otras actividades.
- Personal adicional: son un grupo de servicios complementarios que varían desde asesorías legales, técnicos informáticos, mensajería etc.

A continuación se presenta un organigrama típico de obra:

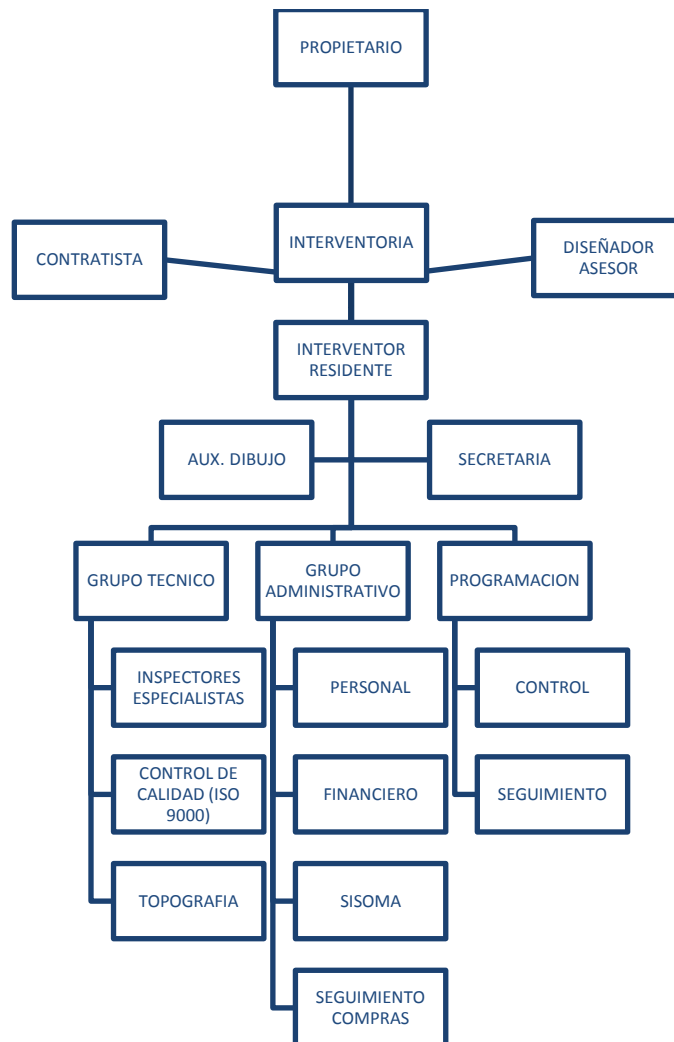


Gráfico 2. Organigrama de interventoría típico de obra.

Fuente: (Maldonado, José, 2000)

Finalmente, el organigrama es una estructura que sirve para realizar un análisis detallado sobre la eficiencia del equipo de trabajo, permitiendo medir si se realizaron las actividades debidamente de acuerdo a su función y responsabilidad. Su fin último es mejorar la calidad de este tipo de gestión, identificando y eliminando defectos o fallas de organización.

3.5 RESPONSABILIDADES DE LA INTERVENTORÍA

Con el fin de buscar la adecuada y oportuna ejecución de las obras y, a su vez, para buscar una mayor eficiencia en la administración de las mismas, la interventoría comprende, además de la gestión técnica, el control financiero, administrativo, ambiental y jurídico del contrato de construcción, la relación entre estos ámbitos permitirá la completa evaluación de la ejecución y el cumplimiento del contrato. Seguidamente se presentan las responsabilidades de la interventoría para cada ámbito.

3.5.1 INTERVENTORÍA ADMINISTRATIVA

Se ocupa principalmente de las buenas prácticas administrativas aplicadas a las condiciones que se hayan establecido en el contrato, va muy de la mano de la parte financiera, sus funciones son:

- a) El interventor deberá velar por el cumplimiento del contrato y vigilará el avance de obra para que se desarrolle según el programa y el presupuesto aprobados.
- b) Vigilar el cumplimiento de las pólizas de garantía, los pagos de prestaciones sociales, pagos de carácter fiscal a los organismos nacionales y municipales referente a las obligaciones contractuales y legales. *(Bautista, Miguel, 1996)*
- c) Inspección del recurso humano para la ejecución del contrato, debe corresponder con la calidad especificada en el pliego de condiciones y que se suscriban a una ARP. *(UAERMV, 2008)*
- d) Además autoriza la entrega de dinero al constructor y revisa los gastos que este haga, corroborando que los dineros sean invertidos de la forma más eficiente. *(Bautista, Miguel, 1996)*
- e) Autoriza la contratación de diferentes capítulos de obra y supervisa la administración de subcontratos.
- f) El interventor supervisa el almacén de la obra y exige al constructor inventarios, libros o comprobantes que permitan su control.
- g) El interventor revisa y aprueba las actas de avance de obra periódicos que presente el constructor como cuenta de cobro. Verificando que los dineros entregados

correspondan a la obra ejecutada por el contratista dentro de los términos estipulados por el contrato. *(Bautista, Miguel, 1996)*

- h) Es función del interventor la aprobación de pago a los subcontratistas, trabajadores o proveedores, según las disposiciones de ley y las normas establecidas en el contrato.
- i) El interventor analizará y acordará los precios de los ítems no pactados en el contrato.
- j) Control de archivos y documentos de la obra, informes, actas, planos etc. *(UAERMV, 2008)*
- k) Liquidar el contrato.

3.5.2 INTERVENTORÍA FINANCIERA

Va de la mano de la administración, y se debe realizar sobre los recursos entregados anticipadamente, entre sus funciones se pueden destacar: *(Urdaneta, 1998)*

- a) Pagos de impuesto de timbre e IVA dentro de los términos y requisitos de ley.
- b) El cobro del IVA sobre las actas corresponda al legal. Que el porcentaje de retención en la fuente corresponda al tipo de contrato y se consigne los aportes aplicados al contratista.
- c) Que se pague el Impuesto de Industria y Comercio (ICA) de acuerdo a las tarifas de la entidad a cargo.
- d) Verifica que el contratista se encuentre al día en pago de los aportes parafiscales relativos al sistema de seguridad social integral, SENA, ICBF y cajas de compensación familiar.
- e) Exigir el plan de inversión del anticipo.
- f) Verificar el cumplimiento del plan de inversiones y demás gastos que se presenten durante la ejecución. Por ejemplo realizar la gestión necesaria para el desembolso del anticipo pactado, verificar el uso correcto del mismo y efectuar la amortización del anticipo de acuerdo con lo establecido en el contrato.
- g) Llevar el registro cronológico de los pagos, ajustes y deducciones, mediante la elaboración de una relación de pagos parciales y finales, requeridos o realizados durante el desarrollo del contrato, de acuerdo con la forma de pago establecida en el mismo, para su control y seguimiento.
- h) Liquidar el contrato.

3.5.3 INTERVENTORÍA JURÍDICA

Tiene como objeto verificar todas las obligaciones legales y contractuales establecidas por el estado y el contratista, sus funciones son: *(Urdaneta, 1998)*

1. Verificar la existencia de licencias, permisos y pólizas necesarios que se encuentren vigentes para el inicio del contrato.

2. Verifica que se definan las actividades que conforman la ejecución de la obra de acuerdo con el contrato y el pliego de condiciones.
3. Verifica que no se realicen actividades fuera del alcance contractual.
4. Verifica que se cumplan los plazos establecidos de estas etapas. Firma del contrato, entrega de garantía (se cumpla la vigencia y la cuantía), entrega del programa de inversión del anticipo, entrega del programa de trabajos, firma del acta de iniciación, firma del acta de finalización y liquidación del contrato. Si es necesario modificar el plazo contractual se debe formalizar un contrato adicional.
5. Verifica si es permitida la subcontratación de actividades y se cumplan los trámites requeridos de esta labor.
6. Tiene como obligación comunicar a las partes en caso del incumplimiento de algunas de ellas.
7. Si existe causales de suspensión del contrato, verifica que se firme el acta de suspensión por los funcionarios autorizados y se inicie nuevamente en la fecha establecida en el acta o que esta se prorrogue.
8. En caso de suspensión por fuerza mayor, verifica que se cumplan los trámites para la terminación del contrato.
9. Además se debe revisar permanentemente la correspondencia, actas y demás documentos para verificar que cumplan con lo establecido en el contrato.

Según el libro de interventoría de proyectos públicos se establece que la interventoría jurídica debe: “ser ejercida por interventores técnicos y financieros, y debe estar soportada por un abogado con la formación y experiencia adecuadas.”⁴

3.5.4 INTERVENTORÍA TÉCNICA

Esta parte de la interventoría tiene como objetivo verificar los recursos y procesos técnicos que conducen al éxito de la ejecución de la obra se realicen de acuerdo con las especificaciones del contrato, entre sus labores debe garantizar: (UAERMV, 2008)

1. Supervisar la ejecución de los contratos que le sean asignados, garantizando el cumplimiento de los requisitos y las obligaciones establecidas previamente en la parte técnica referente a su calidad y cantidad.
2. Conocer las normas internas de la entidad y la normatividad vigente que haga referencia al tema.
3. Conocer la disponibilidad de los recursos y las metodologías de su implementación.
4. Comprender la totalidad del pliego de condiciones, las adendas y los documentos que lo aclaren o modifiquen, el contrato y la propuesta.
5. Establecer el enlace entre el contratista y el contratante.

⁴ JIMÉNEZ, Manuel. *Interventoría de proyectos públicos*. 1 ed. Bogotá: Centro de Investigaciones para el desarrollo: Universidad Nacional de Colombia, 2007. p. 93

6. Realizar revisiones periódicas de la obra, informes y bitácoras.
7. Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad industrial, salud ocupacional y manejo ambiental.
8. Velar por el cumplimiento de cronograma de obra.
9. Exigir la corrección de las obras que no cumplan con las especificaciones o cuando el proceso constructivo sea deficiente.
10. Solicitar al contratista las pruebas de laboratorio necesarias que verifiquen el cumplimiento de las especificaciones y calidades del contrato.
11. Solicitar al contratista el seguimiento correspondiente a las acciones preventivas o correctivas que se establezcan para el proyecto.
12. Permanecer actualizado sobre procedimientos y normas.

Según el libro de interventoría de proyectos públicos se establece que la parte técnica debe: “estar a cargo de un profesional con conocimientos específicos en la materia y experiencia equivalente a la del profesional encargado de la parte técnica del contrato vigilado, de manera que sea un par válido y tenga la capacidad de efectuar observaciones y recomendaciones al equipo técnico del proyecto.”⁵

3.5.5 INTERVENTORÍA AMBIENTAL

Sus funciones y responsabilidades van directamente ligadas con la asesoría técnica especializada, se encarga de la inspección y el cumplimiento del marco normativo que regula las obras, así como los controles y medidas de manejo contenidas en documentos como:

- Planes de manejo ambiental.
- Planes de seguimiento, control y monitoreo.
- Licencias, permisos, concesiones o autorizaciones.

Todas estas medidas deben estar dentro del marco legal vigente, acorde con las recientes exigencias en el marco del desarrollo sostenible y las autoridades ambientales presentes en la zona de afectación del proyecto.

A lo largo de los planteamientos hechos, se describen cuáles son las responsabilidades del interventor, y sus funciones dentro de la obra; asimismo, es de vital importancia conocer en qué actividades está presente el interventor a lo largo del ciclo del proyecto para crear las metodologías necesarias que guíen su gestión. A continuación se presenta la metodología de la interventoría.

⁵ *Ibíd.*, p. 92.

3.6 METODOLOGÍA DE LA INTERVENTORÍA

Cada proyecto de construcción tiene particularidades únicas, es por ello que para facilitar su gestión, el contratista o el contratante pueden dividir los proyectos en fases, especificando los puntos clave en la obra y qué metodología se debe llevar a cabo. No obstante, la interventoría al ser un proceso independiente, que promueve la evaluación objetiva del producto con el fin de determinar si cumple o no con los requerimientos del contratante, debe establecer una metodología propia que guie su manera de actuar frente al contratista y promueva el mejoramiento del proceso. A continuación se presentan el ciclo de vida de un proyecto y el ciclo de la interventoría.

3.6.1 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA

El ciclo de vida de un proyecto de ingeniería es cada una de aquellas fases que representan un estado de la obra, se usa generalmente para realizar el análisis y el diseño que determinen los costos del proceso y los métodos constructivos que se van a ejecutar. Normalmente se divide en cinco fases como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



Gráfico 3. Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil.

Fuente: (Swarup, Niranjana, 2012)

Conocer las fases de un proyecto le permite a la interventoría generar metodologías para su control, la interventoría también presenta una serie de etapas unidas al ciclo del proyecto, este tema se trata ampliamente en el siguiente numeral.

3.6.2 CICLO P-H-V-A (Metodología de control y mejora continua)

Según el Manual De Procedimientos de Interventoría y Supervisión de Contratos las fases de un proyecto de interventoría se resumen en cuatro estados (Gráfico 4), esta metodología busca el mejoramiento continuo del proceso a través de la toma de decisiones objetivas.

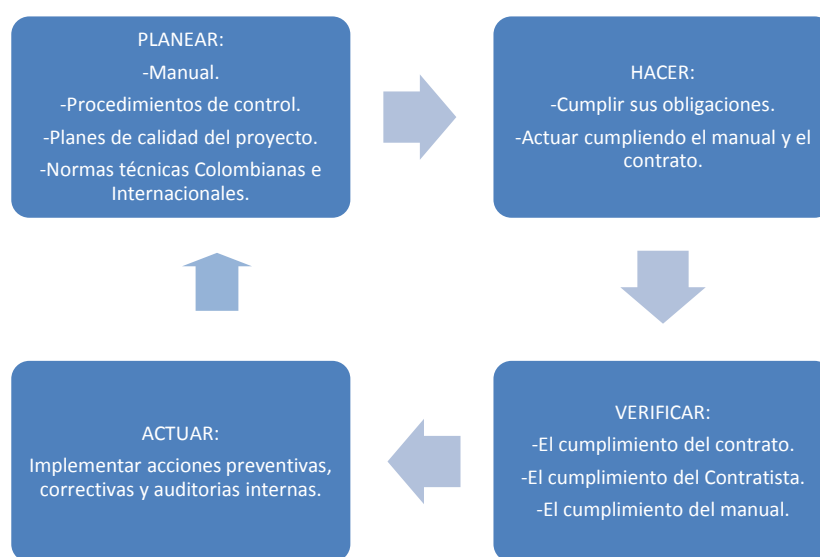


Gráfico 4. Ciclo P-H-V-A.

Fuente: *(Ministerio De Educación Nacional, 2007)*

Con el fin de establecer claramente los objetivos de cada fase, seguidamente, se realiza un análisis más detallado de cada una de sus alcances.

3.6.2.1 PLANEAR

Es la etapa previa de todo el proceso, en esta se analiza la información existente, la disponibilidad de recursos, se analizan los riesgos existentes, y se establecen los instrumentos necesarios para el control y cumplimiento de las obligaciones pactadas con el contratista

- Verifica las fuentes de información existentes como: pliego de condiciones, contratos, anexos, adendas, planos, detalles, normas, entre otros.
- Verifica su validez técnica y administrativa, es decir que el personal debe poseer la experiencia y la especialización necesaria para ejecutar el proyecto.
- Se genera un plan para guiar a la interventoría con la información recopilada y se establece cuáles son los recursos necesarios para realizar su labor, la metodología por seguir, el organigrama, la gestión de documentos los riesgos y los ajustes necesarios.
- Se genera un plan de calidad para el proyecto que incluya un plan de mejoramiento y actualización.

Luego de establecer los términos para el seguimiento, control y evaluación de la interventoría se inicia la etapa de construcción.

3.6.2.2 HACER

Esta se pone en marcha generalmente cuando se firma el acta de inicio de la obra. En esta etapa de construcción se realizan estas actividades:

- Se genera el cronograma de la interventoría, donde se establece las visitas, los informes, fechas de inicio y terminación etc.
- Verificación de la localización topográfica.
- El interventor se encargará de velar por el correcto desarrollo de los planos y por el cumplimiento de las normas de calidad y seguridad.
- El interventor exigirá al constructor cuando sea necesaria la realización de ensayos y pruebas.
- Llevar un control de las especificaciones de materiales, las pruebas de instalaciones y puesta en marcha de equipos.
- Se lleva un registro de la información y la gestión de documentos
- Medición de la cantidad de obra ejecutada en cada periodo y control del programa de trabajo convenido con el constructor.
- Control del personal.
- Aprueba y controla los costos directos.
- Implementa mecanismos de control.
- Propone correctivos.

3.6.2.3 VERIFICAR

Esta etapa se encuentra en toda la ejecución de la interventoría y en ella se garantiza la buena consolidación de los objetivos a lo largo del proyecto, para darle continuidad a la

siguiente etapa de obra, de lo contrario se plantean correctivos que se llevarán a cabo en el siguiente numeral.

En esta fase del proyecto se realiza:

- Comprueba el cumplimiento del manual de calidad de la obra.
- Identifica el avance de obra, se aprueba y liquida el acta de obra.
- Evalúa resultados.
- Determina el alcance de las garantías.
- Finalmente recibe la obra del contratista y se entrega al usuario con el manual de operación.

3.6.2.4 ACTUAR

Es la principal función de la interventoría, en esta fase debe presentar por escrito los ajustes, observaciones y recomendaciones que estime oportunas para prevenir fallas o corregir errores que eviten el cumplimiento de las obligaciones pactadas en el contrato por parte del contratista. Al desarrollar sus funciones debe acompañar a las partes en la búsqueda de soluciones pertinentes y eficaces a tiempo que ayuden a la superación del impase. Aplicando las acciones preventivas o correctivas según los requerimientos de la obra.

En este punto la interventoría es donde demuestra sus conocimientos especializados y su experiencia para asesorar al contratista en los campos técnicos, administrativos, jurídicos, financieros y ambientales.

Dentro de las responsabilidades de la interventoría, se encuentra la realización de evaluaciones periódicas cuyos resultados deben ponerse en conocimiento de las partes y consignarse en las correspondientes actas e informes con el fin de registrar el cumplimiento de sus deberes y aún más importante sugerir la aplicación de correctivos al contratista. Este tema será tratado ampliamente en el siguiente numeral.

3.7 INFORMES DE INTERVENTORÍA

El proceso de interventoría tiene el propósito de verificar el avance y cumplimiento de las obligaciones contraídas para garantizar la buena utilización de los recursos y la calidad del servicio contratado hasta su liquidación. Dado lo anterior, es indispensable que la interventoría presente una serie de documentos estandarizados, que se elaboran con el fin de informar al contratante de la ejecución, avance y demás aspectos relevantes del desarrollo del contrato.

Las actas y los informes, documentos escritos mediante los cuales el interventor registra su actuación y hace constar el cumplimiento de sus funciones, constituyen la prueba de los comentarios, observaciones, críticas y recomendaciones realizadas por él durante la ejecución del contrato. Dichos documentos de igual manera son medios para garantizarle al contratista el derecho de defensa y contradicción de su actuación.

Estos informes deben estar avalados por un sistema de calidad que contenga aspectos tales como, la fecha de expedición, una numeración consecutiva, un formato normalizado, el número de páginas del documento, etc. Los informes de interventoría generalmente son:

- Informe periódico.
- Informe especial.
- Informe final.
- Informe sobre oportunidades de mejora.

A continuación, se realiza una ampliación de cada informe:

3.7.1 INFORME PERIÓDICO⁶

Se entregan según lo acordado en el contrato, con una frecuencia establecida según el tipo de contrato y el plazo de ejecución del mismo debe ir consignado (puede variar según la modalidad del contrato o que sean reportados por otro documento escrito).

- Número del contrato, objeto, valor (global o estimado) y nombre del contratista.
- Pagos realizados al contratista a la fecha.
- Detalle de amortización del anticipo.
- Valor faltante por ejecutar y pagar.
- Servicios y productos recibidos a satisfacción o cantidad de obra ejecutada.
- Servicios, cantidad de obra o productos pendientes por recibir.
- Obligaciones incumplidas por el Contratista, y actuaciones del Interventor al respecto.
- Retrasos en el cronograma o plan de ejecución del contrato y actuaciones del Interventor al respecto.

⁶ ECOPEL. Manual de funciones de interventores y administradores (2006). <http://www.ecopetrol.com.co/documentos/41718_ANEXO_8_-_MANUAL_DE_FUNCIONES_DE_INTERVENTORES_Y_ADMINISTRADORES.pdf> [citado el 24 de julio del 2012] p.11

- Novedades o situaciones anormales presentadas durante el desarrollo del contrato, y actuaciones del Contratista y del Interventor al respecto.
- Recomendación de imposición de sanciones (indicando obligación contractual exigible y razones por las que se considera incumplida).
- Enunciación de las actas suscritas con el Contratista, indicando fecha y síntesis de las mismas.
- Cumplimiento del pago de aportes al Sistema de Protección Social y demás que estén a cargo del Contratista.
- Comunicaciones cruzadas con el Contratista (enviadas y recibidas), indicando fecha y síntesis de las mismas.
- Resumen ejecutivo del estado de ejecución de contrato.

3.7.2 INFORME ESPECIAL⁷

Es un informe solicitado por el contratante en el cual se solicita aclaraciones respecto a algún proceso, o solicitud de algún tipo de documentación específica.

3.7.3 INFORME FINAL⁸

Cuando se termine la ejecución del contrato y antes de realizar la liquidación por parte del contratante, además de los informes periódicos y especiales que deben ir anexos a este documento, el interventor presenta un informe que debe contener:

- Estado final de las obras.
- Esquema secuencial para la puesta en marcha y protocolos de operación.
- Información sobre pruebas y ensayos realizados.
- Detalles sobre las tolerancias y criterios de aceptación para recibir las obras.
- Pagos realizados al Contratista a la fecha.
- Detalle de amortización del anticipo.
- Valor faltante por ejecutar y/o pagar.
- Servicios y productos recibidos a satisfacción y/o cantidad de obra ejecutada.
- Servicios, cantidad de obra o productos pendientes por recibir.
- Obligaciones incumplidas por el Contratista, y actuaciones del Interventor al respecto.
- Retrasos en el cronograma o plan de ejecución del contrato y actuaciones del Interventor al respecto.

⁷ *Ibíd.*, p.12

⁸ *Ibíd.*, p.12-13

- Novedades o situaciones anormales presentadas durante el desarrollo del contrato, y actuaciones del Contratista y del Interventor al respecto.
- Recomendación de imposición de sanciones (indicando obligación contractual exigible y razones por las que se considera incumplida).
- Fotografías, videos y planos As-Built.
- Cualquier otra información requerida para la conclusión de los trabajos.

3.7.4 INFORME SOBRE OPORTUNIDADES DE MEJORA⁹

Al finalizar el contrato deberá entregar un informe que establezca qué se debe mejorar en las especificaciones del contrato o en la selección del contratista en futuras contrataciones referidas a la misma actividad.

3.8 MARCO LEGAL Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

La interventoría es la primera responsable en vigilar la ejecución de la obra, su buena gestión se reflejará directamente en el éxito y la culminación del mismo, en todo este proceso el interventor debe tener presente cuáles son sus obligaciones y derechos tanto administrativos, civiles como penales en caso de incumplimiento de alguna de las partes.

Estas obligaciones quedan consignadas desde los pliegos de condiciones en el cual se establecen las cláusulas del contrato y las normas aplicables; asimismo, estas dos herramientas serán la principal base del interventor para exigir el cumplimiento del contratista. Las principales normas se enumeran a continuación:

3.8.1 MARCO LEGAL GENERAL

- **Ley 80 de 1993** “Estatuto general de contratación de la administración pública”
 - Artículos 53, 56 y 58. Son los pertinentes en lo relativo a la responsabilidad civil y penal a la cual se sujetan los Interventores.
 - Responsabilidad civil y penal (para Interventores externos).
 - Responsabilidad disciplinaria, civil y penal (para Interventores internos).
 - Artículos 60 y 61. Son los relativos a la liquidación de los contratos.
- **Ley 1150 de 2007 y Decretos reglamentarios 066 Y 2474-2008.** “Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de

⁹ *Ibíd.*, p.13

1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos.”

- **LEY 610 DE 2000 – Responsabilidad Fiscal.**
 - Artículo 60. En lo relativo a los procesos de Responsabilidad Fiscal ante la Contraloría, en los que puedan verse involucrados los Interventores en el ejercicio de sus funciones.

- **LEY 678 DE 2000**
 - Artículo Parágrafo 1. En lo relativo a la responsabilidad patrimonial en que puede incurrir el Interventor en el ejercicio de sus funciones. (llamamiento en garantía, y acción de repetición – Artículo 90 Constitución Política Colombiana).

- **Ley 190 de 1995** “Estatuto Anticorrupción y sus decretos reglamentarios.”

- **Código Penal Colombiano Ley 599-2000**
 - En la relativo a los delitos en que pueda incurrir el Interventor en ejercicio de sus funciones.

- **Código Disciplinario Unido Ley 734-2002**
 - Artículo 48 # 34, Artículo 58 “Sujetos Disciplinables”. En lo relativo a las faltas y sanciones de tipo disciplinario en que pueda incurrir el Interventor en ejercicio de sus funciones.

3.8.2 MARCO LEGAL GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN

- **Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998** “Normas sobre las construcciones sismo resistentes”.

- **Resolución 2413 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social**, “Por la cual se reglamenta la higiene y seguridad para la Industria de la Construcción”.

- **Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud**, “Por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos”.

- **Acuerdo 19 de 1996**. “Mediante el cual se dicta el Estatuto General de Protección Ambiental del Distrito Capital (SIAC)”.

- **Decreto Distrital 357 de 1997** “Por medio del cual se regula el manejo, transporte y disposición final de los escombros y materiales de construcción”.

- **Decreto 1220 de 2005** “Mediante el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre la Licencia Ambiental”.

3.8.3 MARCO NORMATIVO GENERAL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Entre las normas que regulan la intervención de acueductos y alcantarillados se encuentran:

- Norma técnica NS-012 “Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado”
- Norma técnica NS-019 “Excavaciones en zanja”
- Norma técnica NS-025 “Instalación de tuberías en zanja abierta para redes de acueducto”
- Norma técnica NS-034 “Criterios para diseños de conducciones y líneas expresas”: establece los parámetros y criterios para la elaboración y presentación de diseños de líneas de conducción y sistemas de abastecimiento de agua.
- Norma técnica NS-035 “Requerimientos para la cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado”
- Norma técnica NS-038 “Manual de manejo de impacto ambiental y urbano”
- Norma técnica NS-046 “Requisitos para la elaboración y entrega de planos de obra construida de redes de acueducto y alcantarillado”
- Norma técnica NS-058 “Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado” (Inspección)
- Norma técnica NS-061 “Aspectos técnicos para la rehabilitación de redes y estructuras de alcantarillado”
- Norma técnica NS-079 “Criterios para la instalación de tuberías sin zanja para acueducto”: definen los requisitos mínimos para las actividades relacionadas con la rehabilitación y renovación de tuberías de acueducto por el método trenchless.
- Norma técnica NS-107 “Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en labores de construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado”
- Norma técnica NS-111 “Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados” (Seguridad)
- Norma técnica NS-114 “Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado” (Limpieza)
- Norma técnica NS-123 “Criterios para la selección de materiales de tuberías para redes de acueducto y alcantarillado”
- Norma técnica NP-027 “Tuberías para alcantarillado”
- Norma técnica NP-040 “Rellenos”

- RAS 2000 (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Sección II-Título D “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales”
- ICONTEC-NTC (Norma Técnica Colombiana): Para el ensayo de materiales, diseño y fabricación.
- Si se especifica en el contrato se utilizan referentes americanos y europeos (ASTM, DIN, BS e ISO).

3.9 ACTIVIDADES COMUNES DE LA INTERVENTORÍA EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La vigilancia e inspección del proyecto, es el principal objetivo de la interventoría, entre sus obligaciones está la recopilación y análisis de toda la información del proyecto pueda estar o no relacionada con la metodología del proceso. De igual forma, se define el tipo de control de calidad se va a realizar (registro de perforaciones, medidas de altura y posición, control de la fuerza por tracción, medición de la presión, documentación fotográfica etc.). Asimismo, la interventoría debe identificar y supervisar los riesgos del proyecto. Para dar cumplimiento a este objetivo, la interventoría presentará al contratante: reportes, solicitud de modificaciones, recomendaciones sobre acciones preventivas, acciones correctivas y rectificaciones realizadas por el contratista. Dentro de las actividades que inspecciona el interventor se encuentran:

- Verificación inicial de la interventoría.
- Inspección y verificación durante la ejecución de la obra.
- Control del cronograma.
- Control de costos.
- Control de calidad.
- Manejo del personal.
- Cambios del proceso constructivo.
- Administración del contrato.

A continuación se precisan cada uno de estos aspectos.

3.9.1 VERIFICACIÓN INICIAL DE LA INTERVENTORÍA

Se realiza la evaluación del Programa Detallado de Trabajo (PDT), en el cual se describe puntualmente el proceso constructivo, el plan de gestión para el personal de obra y los recursos necesarios para cada actividad. Esta guía forma parte de las medidas que tiene el interventor para controlar al contratista, a causa de ello, el interventor debe evaluar la metodología que se va a emplear antes que inicie la obra, para sugerir cambios en caso

de ser necesarios. Entre los esquemas más importantes que debe contener el programa detallado de trabajo se encuentran:

- Un esquema del personal requerido por el contrato, donde se especifique la experiencia con la que cuenta y el tipo de actividades que debe realizar.
- Un esquema de instrucciones donde se especifique los procedimientos de emergencia, las acciones que se deben tomar para minimizar riesgos y el personal involucrado para la tecnología contratada.
- Un capítulo dedicado a los aspectos técnicos, donde se especifique las características y requerimientos de los equipos y maquinarias que serán utilizados en obra.

3.9.2 INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

En esta etapa se ha dado inicio a la construcción de la obra por parte del contratista, el interventor debe verificar que no se creen cambios de acuerdo con el alcance del proyecto que ya había sido aprobado; asimismo, el interventor debe gestionar los cambios que se puedan presentar cuando ocurran y verificar si benefician al proyecto o no. Cualquier información, cambios y eventualidades de la obra deben quedar registrados para ser evaluadas por la interventoría, la cual, revisará, aprobará y actualizará los nuevos cambios efectuados.

El interventor tiene como objetivo velar por los intereses del contratante, por esta razón, deberá comunicarle periódicamente los avances y problemas presentados en la obra. La interventoría presentara al contratante, los informes sobre el estado del proyecto, las obras realizadas, las obras correctivas aprobadas, las recomendaciones presentadas y la actualización de los cronogramas de inversión y de obra. (Swarup, Niranjana, 2012)

3.9.3 CONTROL DEL CRONOGRAMA

De la misma manera, la interventoría realiza la inspección del cronograma, asegurando que las modificaciones y los tiempos establecidos por el contratante se estén cumpliendo según lo estimado, certificando que el contratista complete en el tiempo establecido la conclusión de la obra. También, el interventor detecta las actividades que pueden generar retrasos en la obra, prioriza acciones y estima una fecha de entrega realista para la puesta en marcha de la obra. El reporte de interventoría contará con una evaluación del desempeño del contratista, las recomendaciones correctivas y cambios requeridos, además actualiza la lista de actividades por realizar y el cronograma base de obra. (Swarup, Niranjana, 2012)

3.9.4 SEGUIMIENTO FINANCIERO

El seguimiento del avance financiero es uno de los principales objetivos de la interventoría, por ende, debe identificar cualquier variación o incremento anormal que no esté planificado dentro del cronograma de costos. La interventoría presentará, la actualización de los costos estimados, y un reporte sobre recomendaciones correctivas y cambios requeridos.

3.9.5 CONTROL DE LA CALIDAD (QA/QC)

La interventoría debe monitorear la calidad del trabajo y las características de los materiales instalados por el contratista. El interventor debe rechazar cualquier actividad que no cumpla con los lineamientos de calidad planteados en el contrato. El seguimiento que se realiza para la inspección de calidad comprende: (QA/QC, 2011)

- **Ensayos previos:** Se realizan de manera anticipada por parte del fabricante del material, certificando la calidad del producto que va ser instalado.
- **Control de calidad o Quality Control:** Es un sistema de actividades rutinarias de carácter técnico, para medir y controlar la calidad del producto; ya sea, que se esté produciendo o instalando. Dentro de esta labor, es necesario el uso de procedimientos normalizados para realizar mediciones durante la ejecución, enfrentando la incertidumbre que surge en el proceso de instalación; asimismo, permite identificar omisiones por parte del contratista y resolver eventualidades que se presenten en la obra. Como última medida, todos los procesos involucrados con esta labor deben quedar documentados y archivados para su evaluación.
- **Aseguramiento de la calidad o Quality Assurance:** Es un sistema planificado de instrucciones para la revisión de los procedimientos de control de calidad; usualmente, es realizado por un tercero, que no participe directamente en el proceso de instalación del producto. Entre sus funciones se destacan tres: la primera es la verificación del cumplimiento de los objetivos relacionados con la calidad. La segunda, es asegurar que el producto instalado es el requerido por el contrato. Y la tercera, es el apoyo al programa de control de calidad utilizado en el proceso de fabricación o instalación.
- **Ensayos de aceptación:** Son una serie de pruebas y procesos relacionados con calidad de los materiales instalados; su principal objetivo es determinar la idoneidad del material dependiendo de las necesidades particulares del proyecto.

3.9.6 REVISIÓN DEL PERSONAL

El próximo objetivo de la interventoría es la verificación previa de la capacitación y entrenamiento de la mano de obra, en esta etapa se debe realizar una retroalimentación y realizar las recomendaciones necesarias para mejorar el ejercicio del equipo de trabajo. Esta fase debe tener como soporte un organigrama de trabajo donde se especifiquen las funciones del personal y sus responsabilidades.

3.9.7 CAMBIOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Como resultado de la labor del interventor, el contratista deberá integrar las modificaciones y recomendaciones dadas. Posteriormente, el contratista presenta nuevamente el plan de trabajo con las correcciones realizadas, y la interventoría revisa y aprueba la actualización del cronograma de trabajo, las acciones preventivas y correctivas que se están ejecutando, y los reajustes que se necesiten. Estos reportes permiten el conocimiento del estado real de la obra y cuál es el desempeño del contratista. *(Swarup, Niranjana, 2012)*

El interventor dará seguimiento a los riesgos previamente identificados y los riesgos residuales; asimismo, identificara nuevos riesgos, presentando al contratista las acciones correctivas que debe realizar, reduciendo los efectos adversos sobre el proyecto. La función del interventor debe complementarse con el apoyo al contratista para la implementación de estrategias secundarias para superar los posibles imprevistos. *(Swarup, Niranjana, 2012)*

CAPÍTULO 4

ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

4 ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES DE LA INTERVENTORÍA DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

Las tecnologías sin zanja a diferencia de la construcción convencional de zanjas reduce ampliamente el impacto ambiental, la interrupción del tráfico, la excavación, la afectación al comercio circundante, etc.; es por ello que se ha perfilado como el método alternativo para el desarrollo de las redes de servicios públicos, ya sea por la necesidad de rehabilitar la tubería, renovarla por completo, extender la red existente, aumentar la capacidad de la red, o reemplazar un tramo afectado; además, son utilizadas para la limpieza, inspección, diagnóstico y localización de las redes. Es conveniente enfatizar, que dentro de la familia de tecnologías sin zanja existen tres principales aplicaciones y cuatro metodologías que serán tratadas a lo largo del capítulo:

- Aplicación: Nueva instalación de tubería. Metodologías: Pipe Jacking, microtunneling y HDD.
- Aplicación: Rehabilitación de tubería. Metodología: CIPP.
- Aplicación: Reemplazo de tubería. Metodología: Pipe Bursting.

Al ser una alternativa que pretende disminuir los efectos negativos de las construcciones de zanja convencionales, este tipo de proyectos deben ser ejecutados con un margen de error mínimo. Para ello, la interventoría debe seguir de cerca el proyecto, garantizando que la obra civil sea concluida exitosamente. Las actividades que debe inspeccionar y vigilar el interventor se clasifican en dos grandes etapas:

- La primera etapa tiene que ver con la ejecución del proyecto. (Numeral 4.1)
- La segunda etapa trata sobre las actividades para la entrega y conclusión del proyecto. (Numeral 4.2)

Cada una de estas etapas será descrita en detalle a continuación.

4.1 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La ejecución o implementación del proyecto es la etapa donde se materializan los aspectos descritos en la fase de planeación, es durante este periodo que el interventor debe evaluar de forma constante el desempeño del contratista; la eficacia en el trabajo realizado por la interventoría se reflejara en el éxito de la obra una vez sea concluida.

Dentro de las actividades que debe supervisar la interventoría se encuentra 3 grandes grupos:

- Actividades previas para un proyecto sin zanja (Limpieza inicial y condiciones de seguridad para trabajos confinados).
- Actividades Comunes de un proyecto sin zanja.
- Documentación (videos, datos, listas de verificación, informes, planos as-bulit etc.).

Estos aspectos se desarrollarán en detalle a continuación.

4.1.1 ACTIVIDADES PREVIAS PARA UN PROYECTO SIN ZANJA

Dentro de las actividades previas se destacan:

- Limpieza de la tubería.
- Verificación de las condiciones de seguridad para trabajos confinados.

A continuación se amplía cada una de estas consideraciones.

4.1.1.1 LIMPIEZA DE LA TUBERÍA

La limpieza es una de las actividades más recurrentes dentro de los proyectos que se ejecutan con tecnologías sin zanja, existen dos tipos de limpieza. La primera es de mantenimiento y la segunda es para realizar la inspección; esta última es la que se ampliará en el presente numeral.

La limpieza tiene como objetivo remover las basuras acumuladas, raíces, oxido, escombros, e incrustaciones de otras tuberías. Los métodos de limpieza más comunes son por remoción mecánica (raspado y baldes) y remoción hidráulica (máquina de esfera, vaciado, chorro a presión etc.). Las actividades que comúnmente se realizan son:

- a) Selección del método de limpieza de acuerdo con la tubería y su estado.
- b) Remoción de basuras, escombros raíces, etc.
- c) Ubicación de tanques para la recolección de semisólidos y líquidos.
- d) Medidas de seguridad para trabajos confinados.

4.1.1.2 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS CONFINADOS

Dado que los trabajos que se realizan dentro de tanques, ductos, pozos de inspección, tuberías etc., representan una de las actividades de mayor riesgo dentro del proyecto. El interventor debe verificar en primera instancia que los operarios posean conocimientos y

reciban un entrenamiento adecuado para realizar las labores en este tipo de espacios y cuenten con la capacidad de realizar labores de rescate en caso de presentarse alguna emergencia. En segunda instancia el interventor verifica los siguientes parámetros: (*University of Massachusetts, 2009*)

- Verificar los límites admisibles y los tiempos recomendados de permanencia al interior del espacio confinado.
- Verificar que el contratista cuente con un equipo para detectar gases, para establecer si existe algún contaminante, combustible o inflamable en el ambiente o en el espacio confinado mayor al 5%.
- Verificar el uso del equipo de dotación necesario para el trabajo en espacios confinados (Guantes, máscaras, arnés, botas, etc.)
- Verificar que el espacio confinado no presente temperaturas extremas.
- Verificar que no existan contaminantes tóxicos y/o irritantes potenciales en el aire.
- Verificar que los operarios tomen las medidas de control de riesgo asociadas a la presencia de cualquier parásito.
- Verificar el aislamiento de las redes aledañas (energía, gas, agua) que puedan ser potencialmente riesgosos.
- Verificar la ventilación de los ductos de tubería cuando sea necesario.
- Verificar el uso de aparatos eléctricos o maquinaria que pueden generar chispas.
- Verificar la activación de cualquier catalizador que pueda poner en riesgo la salud o la seguridad del personal que ingrese a un espacio confinado.

Los límites admisibles para el ingreso de un operario son: (*University of Massachusetts, 2009*)

- Niveles de oxígeno entre 19.5 y 23.5%.
- Inflamabilidad menor al 10% de los límites explosivos mínimos.
- Monóxido de carbono menor a 35 ppm.
- Sulfuro de hidrógeno menor a 10 ppm.
- Toxicidad menor a los límites de exposición.
- Polvo en el aire menor al 10% de los límites explosivos mínimos.

En Colombia pueden aplicarse las normas de minería donde se define los procedimientos para realizar trabajos confinados. En la misma línea de estudio, la universidad Javeriana ha presentado un trabajo de grado denominado: “**Propuesta de elementos normativos sobre aspectos de limpieza, inspección y seguridad industrial que influyen en los procesos de rehabilitación de alcantarillado para Bogotá.**” En el cual se amplía este numeral, en este trabajo es definido el tipo de procedimientos que deben seguirse para trabajar en espacios confinados.

En conclusión el interventor debe supervisar la presencia de cualquier material contaminante, agente o condición que pueda afectar el ingreso de un operario a un espacio confinado. En ningún caso se puede permitir la entrada al espacio confinado en el cual se compruebe la existencia de un ambiente riesgoso.

4.1.2 ACTIVIDADES COMUNES DE UN PROYECTO SIN ZANJA

Dentro de las actividades comunes que deben ser realizadas para los proyectos de tecnologías sin zanja se pueden listar las siguientes:

- Investigación preliminar de la infraestructura existente.
- Disposición del sitio de obra.
- Instalación y manejo de equipos.
- Pozos de acceso de maquinaria y equipos.
- Drenaje y desviación del flujo.
- Control y seguimiento a la operación y detección de posibles anomalías.
- Aplicación de las tecnologías.
- Manejo de la seguridad industrial e impacto ambiental.
- Reconexiones.
- Inspección del trabajo terminado. (Ver numeral 4.2.2)
- Restitución del espacio en la superficie y limpieza de tuberías. (Ver numeral 4.2.4)

Estas actividades pueden ser realizadas para la instalación de tubería nueva, rehabilitación o reemplazo dependiendo principalmente de la complejidad del proyecto; seguidamente se amplía cada actividad.

4.1.2.1 DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA

Inicialmente el interventor verifica que el contratista posea todos los permisos para iniciar los trabajos en el sitio designado. Posteriormente supervisa la realización de las siguientes actividades preliminares:

- Replanteo topográfico.
- Campamento contratista, campamento de la interventoría, almacén, baños, etc.
- Cerramiento perimetral de la obra y señalización.
- Servicios públicos temporales de la obra (agua, sistema de alcantarillado, energía eléctrica, teléfono etc.).
- Demoliciones de las estructuras existentes, si es requerido.
- Traslado de redes (si es requerido).
- Protección a sumideros, para evitar el aporte de sedimentos que por arrastre pueda llegar a las redes de alcantarillado.

- Control del tráfico: El interventor debe velar por la aplicación del plan de manejo de tránsito (PMT), en el cual se establece la localización de la señalización con el fin de mitigar el impacto generado por las actividades de la obra.
- Almacenamiento y manejo de materiales y tuberías: se deben realizar fuera de los corredores viales para minimizar el impacto sobre el tráfico vehicular y peatonal.

4.1.2.2 INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS

Cada tecnología cuenta con una serie de equipos específicos para su aplicación (Tabla 3), el personal a cargo del manejo de la maquinaria debe contar con la experiencia suficiente y el entrenamiento adecuado que permita un correcto manejo del equipo y garantice el éxito de la ejecución de la obra.

TECNOLOGÍA SIN ZANJA	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO	MAQUINARIA Y EQUIPOS EN GENERAL
PIPE JACKING y MICROTUNNELING	Es un método de instalación de tubería, consiste en la apertura de un micro túnel perforado por una tuneladora, en el cual es hincada la tubería prefabricada por un sistema hidráulico ubicado en un pozo de lanzamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Tuneladora (TBM). • Sistema hidráulico de hincado. • Bombas de marinaje. • Sistema guía laser. • Sistema de lubricación, almacenamiento y reciclaje de lodos. • Grupo electrógeno. • Herramientas y accesorios de hincado.
HDD	Es un método dirigible, para la instalación subterránea de tuberías, ductos y cables en un arco superficial a lo largo de una trayectoria taladrada prescrita, utilizando una plataforma de perforación lanzada de superficie, con un mínimo impacto sobre el área circundante. Esta máquina es guiada a través de un localizador el cual determina la posición exacta del cabezal y el sitio preciso del avance de la excavación.	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de perforación hidráulica. • Unidad de producción de fuerza hidráulica. • Bomba reguladora para la inyección del flujo de perforación. • Punta de perforación direccionable y herramientas de escariado. • Sonda electrónica y aparato receptor. • Equipos de soldadura.
CIPP	Esta técnica utiliza la inserción de una membrana flexible en forma de tubo dentro de la tubería que se va a rehabilitar. Esta se encuentra recubierta por una película impermeable y saturada con una resina termo-fraguante.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de rodillos para la impregnación. • Caldera y equipo de reversado. • Medidores de presión y temperatura.
CIPP PUNTUAL	Esta técnica utiliza los mismos principios empleados para las	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de rodillos para la impregnación.

<p>PIPE BURSTING</p>	<p>reparaciones por CIPP, pero es usada para rehabilitaciones puntuales con mangas parciales.</p> <p>Es una metodología para la renovación de tubería; el procedimiento consiste en la destrucción de la tubería antigua por medio de un cabezal de corte que incorpora los escombros al suelo circundante, e inmediatamente después instala una tubería nueva en el espacio ocupado por el tubo antiguo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de inflado. • Unidad Pipe Bursting. • Estructura para empuje de barras con dos cilindros hidráulicos. • Equipo para el almacenamiento y reciclaje de los lodos de perforación. • Barras roscadas. • Navajas de corte para diferentes tuberías. • Conos de expansión para ampliar el orificio de instalación. • Equipos de soldadura.
-----------------------------	---	---

Tabla 3. Maquinaria y equipos.

4.1.2.3 POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

En la mayoría de proyectos de tecnologías sin zanja es necesario realizar pozos de lanzamiento y recepción para instalar la tubería o acceder a ella, el pozo debe tener las dimensiones necesarias para el ingreso de la maquinaria y el personal, acorde con las necesidades del proyecto pueden ser estructuras temporales o permanentes recubiertas con concreto o hechas con algún prefabricado. Deben ser diseñadas de acuerdo con el estudio de suelos para soportar las cargas laterales y las fuerzas producidas por la maquinaria (en el caso de Pipe Jacking y Microtunneling). De igual manera se deben realizar los siguientes trabajos comunes: (Swarup, Niranjana, 2012)

- a) Descapote y nivelación del suelo.
- b) Estabilización de taludes y estructuras de contención laterales (tablestacados, apuntalamientos con madera, entibados, muros pantalla, paredes con micro pilotes etc.)
- c) Estructuras para nivelar y estabilizar el fondo de la excavación.
- d) Construcción de estructuras de soporte para la maquinaria (Si es requerida).
- e) Sistema de eliminación de desechos propios de la excavación. (Si aplica)

4.1.2.4 DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO

Los proyectos con tecnologías sin zanja en general requieren que los conductos, las excavaciones y los pozos de ingreso estén libres de cualquier líquido que impida el ingreso de la maquinaria o el personal; para ello, el contratista debe presentar el diseño bajo la normatividad local vigente que contemple las actividades de drenaje, bombeo y

desviación del flujo; este diseño debe ser aprobado por la interventoría para ser ejecutado.

En primera instancia, se encuentra la desviación y regulación temporal de los efluentes presentes en la red, mediante el uso de alivios, bombeos (Sumergibles o no sumergibles), bypass por tuberías, ataguías (Bolsa suelo, bolsa creto, prefabricados en concreto, o empalizados) y tapones obturador de flujos de tubería. La desviación de flujo consiste en mover el flujo de la alcantarilla desde un punto en la línea principal y bombearlo hacia a otro punto aceptable de descarga, para vaciar el tramo de alcantarillado donde se realizaran la inspección, reparación, reemplazo o rehabilitación.

Para realizar el bypass de tubería de alcantarillado se deberá utilizar tapones inflables o un producto similar aprobado para el desvío de aguas servidas, los cuales deberán sellar herméticamente el flujo de desagüe. Los tapones además de ser herméticos en la superficie de contacto entre él mismo y la tubería para garantizar la correcta obturación del flujo, deben poseer un conducto interno, que permita la evacuación del flujo represado, conectado en la salida de la válvula y a una bomba de succión. El contratista debe asumir la completa responsabilidad por el diseño hidráulico del sistema de bombeo de desviación, evitando inundaciones, estancamientos del agua y reflujos. Los trabajos que comúnmente se realizan para la instalación del bypass según el tamaño de la tubería y el tipo de carga que transporta son: (Swarup, Niranjana, 2012)

- a) Información a la comunidad antes de realizar los trabajos.
- b) El contratista debe gestionar ante las entidades competentes todos los permisos que sean requeridos para realizar el correcto manejo de aguas.
- c) Señalización y desvío de los cruces vehiculares y peatonales sobre las mangueras, pozos, y cajas de inspección abiertas.
- d) Realizar taponamientos y desvíos temporales que permitan mantener todas las conexiones domiciliarias laterales en operación, sin que presenten fugas o acumulaciones excesivas de los efluentes durante el trabajo.
- e) Suministrar un equipo de bombeo adecuado por un periodo indefinido, para transportar de manera continua las aguas residuales crudas sin filtrar. El equipo de bombeo deberá permitir el paso de piedras u objetos de hasta 3/4" sin causar taponamientos, desbordamientos, inundaciones o reingreso del flujo al tramo intervenido.
- f) El contratista deberá ejecutar todas las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones, las zonas circundantes a las obras donde la presencia de agua afecte la calidad, la economía y la conservación de las actividades.
- g) No se permitirá descargas directas a las vías o terrenos que no sean previamente aprobados por el acueducto. Preferiblemente deben descargarse a otras redes de alcantarillado adyacentes.
- h) No bombear o dirigir el flujo del alcantarillado sanitario a riachuelos y canales abiertos en ningún momento en el transcurso del trabajo. El flujo debe ser bombeado al lugar dispuesto por la empresa de acueducto.

En segunda instancia, se realizan las actividades para garantizar el drenaje y bombeo de los pozos de excavación. El contratista debe diseñar esta actividad considerando las características del suelo, las condiciones hidrológicas de la zona, el método de excavación, el tamaño y la profundidad de la excavación, las estructuras circundantes, las estructuras temporales para el soporte lateral de tierras y el tipo de bomba (de vacío o sumergible). Esta actividad tiene como objetivos principales: (Swarup, Niranjana, 2012)

- Interceptar filtraciones hacia el sitio del proyecto.
- Mantener el fondo de la excavación seco.
- Prevenir la infiltración del nivel freático en el sitio del proyecto.
- Aumentar la estabilidad de las paredes de la excavación y prevenir la pérdida de material de las pendientes del terreno por socavación.
- Reducir las cargas laterales en las paredes de la excavación.
- Prevenir presiones diferenciales entre el fondo de la excavación y el nivel freático.
- Manejar la escorrentía superficial, mediante el uso de tubos perforados o zanjas llenada con grava y recubiertas con un geo textil.
- Bombear el agua infiltrada y las aguas servidas presentes en el tramo, a través de mangueras flexibles o líneas de descarga.
- Descargar el agua extraída en zonas apropiadas que eviten inundaciones.

4.1.2.5 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

Dentro de la familia de tecnologías sin zanja existe una gran variedad de metodologías como se plasma en el Gráfico 1. Estas metodologías deben ser aplicadas de acuerdo a sus capacidades y límites; asimismo se debe tener en cuenta que material, diámetro, longitud, tipo de tubería puede instalar. En la Tabla 4 se encuentra tabuladas estas condiciones.

	Tecnología sin zanja	Diámetro (")	Longitud de instalación (m)	Vida útil (años)	Material							Tipo de tubería							
					PVC	PEAD	CR ¹	ACERO	HIERRO DÚCTIL	GRES	TRFV ²	LINER ³	Acueducto	Alcantarillado	Gasoductos	Telecomunicaciones	Redes de combustible	Redes industriales	
Instalación nueva	Pipe Jacking	42 - 144	< 200 y 600	50															
	Microtunneling	12 - 136	< 60	50															
	HDD	2 - 60	< 500	50															
Rehabilitación	CIPP	4 - 108	60 a 500	50															
	CIPP puntual	6 - 48	*	**															
Reemplazo	Pipe Bursting	2 - 48	100 a 120	50															

¹ Concreto reforzado.

² Tubería reforzada con fibra de vidrio.

³ Felpa impregnada con resina.

* La longitud depende del tramo puntual a rehabilitar.

** la vida útil depende del tramo puntual.

Tabla 4. Aplicación de las tecnologías sin zanja.

Fuente: (Najafi, Mohammad, 2010)

4.1.2.6 MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL

Dentro de las actividades del interventor está la inspección de:

- **Seguridad industrial:** Se debe asegurar que los trabajos dentro de la obra se realicen de tal forma que minimicen el peligro y la exposición del personal y la maquinaria a situaciones potencialmente peligrosas, de acuerdo con los estándares de seguridad aplicables y los procedimientos de seguridad del Contratista.
- **Iluminación:** La iluminación y otros equipos eléctricos para uso en las obras y las adyacentes a este, debe ser intrínsecamente segura y a prueba de explosión. El alumbrado en cualquier sector de una obra subterránea deberá suministrar un mínimo de intensidad y de iluminación para permitir el acceso e inspección de forma segura. No serán permitidos bombillos sin protección.
- **Intervención de cauces:** se debe contar con un permiso otorgado por la Secretaria Distrital de Ambiente, autorizando la ocupación del cauce, y describiendo las actividades relacionadas con la afectación del lecho de río y la infiltración al subsuelo.
- **Ruido:** Durante el periodo de obra no se debe sobrepasar los límites permisibles de acuerdo a la "Resolución 627 de 2006 del MAVDT", para tal fin se debe realiza un monitoreo de ruido diurno y nocturno, al interior de la obra

empleando sonómetros. En caso de sobrepasar estos límites se debe considerar el uso de pantallas de aislamiento para mitigar el ruido.

- **Suelo:** Se debe supervisar que tipo de materiales son utilizados para el mejoramiento de suelo y su impacto ambiental.
- **Escombros y residuos sólidos:** Manejo y disposición de residuos de excavación, material de deshidratación y residuos sólidos (programa de separación de basuras según la magnitud del proyecto).
- **Aseo:** se efectúan brigadas de mantenimiento de la señalización, jornadas de limpieza y acopio de materiales.
- **Aprovechamiento forestal, paisajismo y compensación:** Se deben ejecutar los trabajos de silvicultura del inventario forestal de áreas públicas, según las disposiciones de la Secretaría Distrital de Ambiente. (Si aplica)
- **Otros:** Control de la calidad del agua y el aire, almacenamiento de combustibles, manejo de aceites usados etc.

4.1.2.7 RECONEXIONES

Dentro de las actividades que se realizan una vez terminado la ejecución principal del proyecto, son las actividades de conexión de acometidas, pozos, cajas de inspección etc. Entre los trabajos que se realizan están: (*Swarup, Niranjana, 2012*)

- a) Suspende temporalmente el flujo dentro del pozo para realizar la conexión.
- b) La conexión entre la tubería y el pozo, caja de inspección, tubería antigua etc. debe estar unida de tal forma que no existan filtraciones.
- c) Dependiendo el material de la tubería se utilizará una resina epóxica, sellos herméticos, grouting etc. para la conexión.
- d) Finalmente se abre nuevamente el conducto para verificar que no existen goteos, o filtraciones en la unión.

4.1.3 DOCUMENTACIÓN

Para realizar el control de la obra, la interventoría debe contar con un plan que determine detallada y cronológicamente en qué forma se van a desarrollar las actividades para alcanzar los objetivos planeados; asimismo, la forma de medición y pago de las actividades parciales entregadas por el contratista. Dentro de este conjunto, se realiza una serie de informes de obra (Numeral: 3.7 INFORMES DE INTERVENTORÍA) donde se registren toda la información detallada del progreso de la obra.

Los documentos que elabora la interventoría y ayudan al seguimiento de las actividades son:

- 1) **Verificación en obra:** Esta actividad es realizada mediante unas listas de verificación o “checklist”¹⁰, esta evaluación aporta insumos adicionales para ser utilizados en la planeación y será la base para dar inicio al proyecto. Las listas de verificación que se encuentran en el “ANEXO G. Formatos” para cada una de las metodologías son (Pipe Jacking, Microtunneling, HDD, CIPP y Pipe Bursting):
 - Lista de verificación de requisitos previos al inicio de la obra.
 - Lista de verificación para la ejecución de la obra.
 - Lista de verificación para el control SISOMA.

- 2) **Informe periódico:** Toda la información referente a las características del proyecto, maquinaria, personal, etc., se recopilan en un informe técnico, la frecuencia con la que se realiza este informe será definida por la complejidad del proyecto y los requerimientos del contrato. Los capítulos mínimos que debe contener son cuatro: Alcance y localización del proyecto, Contrato de obra, Contrato de interventoría y Anexos. (La ampliación de cada uno de estos ítems se encuentra en el ANEXO G.16)

- 3) **Informe especial:** Para ampliar este tema ver numeral 3.7.2.

- 4) **Informe final:** Para ampliar este tema ver numeral 3.7.3.

- 5) **Informe sobre oportunidades de mejora:** Para ampliar este tema ver numeral 3.7.4.

¹⁰ Estos “checklist” son solamente una guía, el nivel de detalle y complejidad dependerá únicamente del proyecto y la tecnología sin zanja seleccionada.

4.2 ACTIVIDADES PARA LA ENTREGA Y CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

Las obras se dan por concluidas cuando la interventoría certifique que han sido terminadas conforme al contrato, la responsabilidad contractual del contratista acaba en este momento y se liquida su contrato, aunque en algunos casos, puede ampliarse al denominado periodo de mantenimiento.

Por el contrario, si la interventoría considera que las obras no cumplen con las especificaciones estructurales, de calidad u operacionales pedirá al contratista realizar cualquier corrección o reparación que se considere necesaria, subsanando todos los defectos, faltas o imperfecciones que aparezcan en la obra. En atención a este tema se presenta a continuación las directrices que debe seguir la interventoría: (*Swarup, Niranjana, 2012*)

- Pruebas estructurales y operacionales.
- Inspección del trabajo terminado.
- Rectificación.
- Restitución del espacio en la superficie y limpieza de tuberías.
- Entrega.
- Clausura del proyecto.

A continuación se desarrolla cada numeral.

4.2.1 PRUEBAS ESTRUCTURALES Y OPERACIONALES

Para verificar las condiciones de la estructura terminada es necesario realizar pruebas a los materiales instalados, de igual manera se realizan pruebas operacionales para tuberías (Pruebas de estanqueidad definidas por el acueducto.). No obstante, se debe considerar el tipo de proyecto ejecutado (instalación nueva, rehabilitación o reemplazo), dado que, los ensayos requeridos por las normas o por el contratante no son los mismos para cada uno de los casos.

Los resultados de los ensayos permitirán identificar a la interventoría si el contratista cumple las especificaciones pactadas en el contrato, o en caso contrario definir las acciones correctivas o de reparación.

4.2.2 INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

De igual manera para entregar las obras y poner en funcionamiento el conducto es necesario ejecutar apropiadamente las correcciones presentadas por la interventoría, para

determinar y evaluar el estado final de las obras se debe realizar dos o más inspecciones, en la primera se identifica los defectos o discrepancias de la obra ejecutada; la segunda inspección se realiza para verificar la implementación de las recomendaciones hechas.

Para evaluar las condiciones finales de la red comúnmente se realiza una inspección visual (cuando las dimensiones de la tubería lo permitan); de lo contrario el método más utilizado es la inspección por circuito cerrado de televisión (CCTV). Este método ayuda a la identificación y localización de manera remota de los defectos en la tubería, el operario debe contar como mínimo con las cualidades estipuladas en el ANEXO G.22. Comúnmente los trabajos que se realizan para la inspección por CCTV son: (Swarup, Niranjana, 2012)

- a) Realización de un bypass temporal en caso que el flujo sea un impedimento para el correcto funcionamiento de los equipos. Dado que, no debe existir agua en el tubo, con el fin de permitir una completa visualización (360°) de la tubería nueva.
- b) Se realiza una limpieza previa del conducto terminado antes de iniciar la inspección final.
- c) El vehículo de CCTV debe desplazarse a una velocidad no mayor a 9.1 m/min.
- d) El equipo de CCTV debe contar con un sistema de grabación de imágenes y video a color, una cámara PZT (pan-tilt-zoom)¹¹, montado sobre un tractor para inspección, equipado con sistema de iluminación atado a un cable y un carrete etc.
- e) Software para procesar analizar y realizar anotaciones en el video.
- f) Finalmente se genera un reporte con el video y las imágenes de los defectos presentados a lo largo del tramo (De acuerdo al formato de la entidad contratante).

En lo que respecta a la inspección y diagnóstico de tuberías, es de uso común en todo el mundo la codificación y estandarización de PACP (*Pipeline Assessment And Certification Program*), desarrollada por NASSCO y el *Water Research Centre* (WRC).

4.2.3 RECTIFICACIÓN

Aún en proyectos bien planeados se generará la aparición de imprevistos, ya sea por trabajos incompletos, discrepancias, obras defectuosas, conexiones incompletas, entre otras. Tales trabajos deben ser referenciados en una lista de pendientes, esta debe contener la localización de la obra, descripción de los trabajos que se van a realizar, y la persona encargada de su ejecución; una vez realizadas las correcciones pertinentes el interventor autorizará la conclusión de los trabajos bajo un documento escrito. (Swarup, Niranjana, 2012)

En la misma forma, es importante resaltar que al ser un proyecto que se realiza debajo de la superficie se pueden crear imprevistos que son irreversibles, a causa de ello se debe evaluar cuáles son los criterios de aceptación tanto los admisibles como los no

¹¹ Son cámaras que se puede configurar su panorámica, enfoque, inclinación y zoom remotamente.

admisibles. El documento de inspección debe contener la siguiente información: (Swarup, Niranjana, 2012)

- Lista preliminar de pendientes.
- Reporte preliminar de inspección.
- Soluciones alternativas de ingeniería.
- Cambios realizados.
- Lista final de verificación de pendientes.
- Reporte final de conformidades.
- Informe sobre los ensayos a los materiales.
- Otros documentos relacionados.
- Obras faltantes.

4.2.4 RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Después de finalizar la construcción y concluir la etapa de inspección, se debe continuar con los trabajos de limpieza del lugar de trabajo, usualmente se contemplan las siguientes actividades: (Swarup, Niranjana, 2012)

- Relleno y compactación de pozos.
- Retiro de escombros.
- Retiro de estructuras temporales.
- Restitución de la señalización vehicular.
- Retiro de acordonamientos de las excavaciones.
- Retiro de líneas de servicios temporales.
- Retiro de campamentos y depósitos.
- Retiro y limpieza de materiales sobrantes (bentonita, mortero, tubería, etc.).
- Restauración de vías, andenes, capa vegetal etc.
- Reconexión de servicios faltantes.
- Limpieza de materiales de construcción remanentes dentro de la tubería.
- Otras acciones similares.

4.2.5 ENTREGA

Una vez terminada la etapa de inspección y limpieza y la estructura se encuentra en capacidad de entrar en operación, es entregada al contratante y puesta en funcionamiento. La entrega del proyecto debe realizarse de acuerdo a las fechas acordadas en el cronograma de obra; asimismo, la puesta en marcha debe ser definida por el contratante. En la misma forma, entra en operación el periodo de garantía de la obra en el cual el contratista debe hacerse responsable si acontece alguna eventualidad

que afecte la obra según esté estipulado en el contrato. Es importante resaltar que algunos contratos no se liquidan en el momento que se acaban las obras debido a que el contratista tiene a cargo otros tramos de la obra al ser intervenidos, en este caso, entrará en funcionamiento parcialmente la obra si el contratante así lo define. (Swarup, Niranja, 2012)

4.2.6 CLAUSURA DEL PROYECTO

Luego de ser entregada la obra se procede a la liquidación del contrato, en este punto, todas las actividades que involucren la finalización del contrato se deben ejecutar en conjunto y no de manera separada, con el fin de concluir con éxito la realización del proyecto. Algunas de las actividades que se realizan para la clausura de la obra son: (Swarup, Niranja, 2012)

- Conclusión de las actividades de inspección y limpieza.
- Conclusión de la obra principal.
- Conclusión de las actividades de medición y facturación.
- Liquidación de los contratos temporales de mano de obra, contratistas, proveedores y pago a terceros.
- Entrega de información e registros record al contratante.
- Conclusión de todas las actividades necesarias para la entrega de la obra.
- Expedición del certificado de realización del proyecto.

En último lugar, es entregada al contratante toda la información final de la obra, como los planos "As-built", diseños finales, materiales instalados, libro de mediciones, cambios realizados al diseño final, informes de inspecciones finales, etc. Con el propósito, de conservar la información para futuras reclamaciones, o como base para el inicio de las futuras etapas del ciclo de vida del proyecto (Mantenimiento, rehabilitación o reemplazo). La información debe quedar muy bien organizada y archivada para evitar en un futuro la recopilación de datos y reportes previos, que presentan un consumo de tiempo y recursos innecesarios. (Swarup, Niranja, 2012)

Para finalizar, es importante resaltar que la conclusión del proyecto, es una de las etapas de mayor disconformidad de las partes, debido a que algunas obras entregadas no cumplen con las especificaciones ni con la calidad requerida por el contrato; para evitar estos escenarios la interventoría debe verificar desde el inicio de la obra el desempeño del contratista entorno a la ejecución de los objetivos del contrato; vinculado a este concepto, la interventoría debe comprender cuales son los posibles estados que generan el fracaso del proyecto, desde la etapa de planeación hasta la conclusión de la obra, con el único fin de generar acciones preventivas o correctivas que promuevan el éxito del proyecto. Como resultado de esta preocupación se presenta en el Capítulo 7 las principales razones de falla de un proyecto con tecnología sin zanja.

CAPÍTULO 5

INTERVENTORÍA PARA LA INSTALACIÓN NUEVA SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO (PIPE JACKING, MICROTUNNELING y HDD)

5 INTERVENTORÍA PARA LA INSTALACIÓN NUEVA SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO

El sector de las tecnologías sin zanja está en continuo desarrollo, creando una mayor confianza en el campo de la construcción, debido a sus múltiples avances que hacen de esta técnica más rápida, precisa y con la capacidad de instalar tuberías más grandes, largas y profundas en diferentes tipos de subsuelo.

Entre estas metodologías, existe una gran variedad de tecnologías sin zanja que se aplican en Colombia actualmente, algunas han tenido mayor penetración en el campo de la construcción que otras, atendiendo a estas consideraciones, en el presente trabajo de grado se desarrollan las más utilizadas para instalaciones nuevas de tuberías en Bogotá, entre ellas se destacan: (*Entrevista Penagos, 2012*)

- Pipe Jacking (Empuje De Tubería) y Microtunneling (Microtuneleo).
- Horizontal Directional Drilling (HDD) (Perforación Horizontal Dirigida) (PHD).

Este capítulo muestra detalladamente cuál es la función de la interventoría técnica en la instalación de tubería nueva de alcantarillado con tecnologías sin zanja, especialmente para los casos de Pipe Jacking y Microtunneling para el hincado de tubería en concreto reforzado y en el caso de HDD para la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).

5.1 PIPE JACKING (EMPUJE DE TUBERÍA) Y MICROTUNNELING (MICROTUNELEO).

Pipe Jacking es un método de instalación de tubería, consiste en la apertura de un micro túnel perforado por una tuneladora, en el cual es hincada la tubería prefabricada por un sistema hidráulico ubicado en un pozo de lanzamiento. El proceso constructivo de Pipe Jacking y Microtunneling, se amplía en el “ANEXO B. Procedimiento instalación nueva Pipe Jacking y Microtunneling.”.

5.1.1 CUADRO NORMATIVO

Las principales herramientas que posee la interventoría para exigir el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el contratista son: el contrato de obra y la normatividad (nacionales e internacionales). Para tal fin, todas las normas utilizadas, deben ser las últimas publicadas por la entidad correspondiente; a menos, que el contrato indique lo contrario.

Actualmente en Colombia el proceso de instalación para Pipe Jacking no se encuentra normalizado, igualmente, no existe una norma para el diseño y ensayo de la tubería que se usa en el proceso de hincado. (*Maldonado, Luis Guillermo, 2012*) Sin embargo, a nivel mundial el proceso de instalación, diseño y ensayo de tubería para hincado se encuentra normalizado primordialmente por ASTM, DIN, BS o ISO. Las normas principales para el proceso de hincado de tubería de concreto reforzado con Pipe Jacking se encuentran en la Tabla 5.

NACIONALES	
INVIAS	PMT (Planes de Manejo del Tránsito).
NE-012 (EAAB)	Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado.
NS-058 (EAAB)	Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-111 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados.
NS-114 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado.
NTC 401	Tubos de concreto reforzado para alcantarillado.
RAS 2000	(Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Sección II-Título D “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales”.
Otros	Normas Nacionales aplicables a este tipo de proyectos y normas del fabricante para la instalación, transporte, carga, descarga y almacenamiento de sus productos.
INTERNACIONALES	
ASTM C76	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe
ASTM C443	Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets.
ASCE-36-01	Standard Construction Guidelines for Microtunneling.

BS EN 1916	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced.
BS 2494	Specification for elastomeric seals for joints in pipework and pipelines
BS 5911	Precast concrete pipes, fittings and ancillary products - Part 120: Specification for reinforced jacking pipes with flexible joints.
DIN EN 12336	Tunnelling machines - Shield machines, thrust boring machines, auger boring machines, lining erection equipment - Safety requirements.
DIN EN 12889	Trenchless construction and testing of drains and sewers.
DIN EN 14457	General requirements for components specifically designed for use in trenchless construction of drains and sewers.

Tabla 5. Cuadro Normativo Pipe Jacking.

5.1.2 DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA

Estos aspectos corresponden a las actividades con las cuales se inicia el proceso de construcción y tienen como fin preparar el terreno donde se va a realizar la perforación. El interventor debe verificar la ubicación de los ejes de las lumbreras o pozos de lanzamiento según las coordenadas de los planos. Las otras actividades que verifica la interventoría se encuentran consignadas en el numeral 4.1.2.1, y los requerimientos específicos para Pipe Jacking y microtunneling presentados en la “lista de verificación de requisitos previos al inicio de la obra” que se encuentran en el ANEXO G.1.

5.1.3 INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS

Los equipos utilizados para la ejecución del proyecto son entre otros: una Tuneladora (TBM) que posea un equipo de guiado laser, un sistema hidráulico de hincado, bombas de marinaje o circulación de agua y lodos, un sistema de tratamiento de lodos, grupo electrógeno, complementado con las herramientas y accesorios de hincado apropiadas.

La máquina es instalada de acuerdo al alineamiento y pendiente definidos en el diseño. Por otra parte, la maquinaria debe estar equipada con un sistema de corte capaz de sobrepasar cualquier tipo de obstrucciones; para tal fin, es necesario realizar un estudio de suelos muy detallado, para evitar que se cruce con superficies rocosas inesperadas que tengan un tamaño considerable y no puedan ser superadas con el equipo seleccionado en los diseños iniciales. (*Thomson, James, 1993*)

Para el manejo de los equipos nombrados, es necesario que el contratista certifique la experiencia y entrenamiento del personal, de acuerdo con los requerimientos propios de Pipe Jacking; en el ANEXO G.17 se encuentra el perfil que debe poseer el operario para

darle un correcto uso a esta tecnología. Según este anexo se destacan las siguientes cualidades que debe poseer el operario encargado:

- El operario debe estar en la capacidad de guiar la máquina de acuerdo con la ruta de perforación establecida en la etapa de planeación, los parámetros que tiene que ajustar son las desviación vertical, la desviación horizontal, el ángulo y el azimut del eje de la máquina respecto al eje teórico. (FSTT, 2006)
- El operario necesita habilidades y juicio para lograr un correcto balance entre el avance del equipo y la rotación de la cabeza de corte según las condiciones del suelo. Dado que, si la maquinaria avanza muy rápido existe la posibilidad de estancamiento; en efecto, que se debe encontrar el nivel de operación ideal para maximizar la producción sin aumentar los riesgos. (Thomson, James, 1993)
- El operario debe controlar la presión del líquido de perforación, el cual varía según las condiciones del suelo y el nivel freático. Asimismo, debe garantizar que la velocidad del líquido de perforación sea suficiente, para mantener la velocidad mínima y retirar el material excavado, evitando así asentamientos indeseados de la tubería. (Thomson, James, 1993)

5.1.4 POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Entre las primeras obras que se realizan para este tipo de proyectos, se encuentra la excavación de pozos de hincado. Usualmente los pozos pueden ser circulares o rectangulares según las condiciones del proyecto, para la contención de las paredes del pozo se realizan mediante un entibado metálico o la construcción de un Caisson. El interventor como primera instancia, supervisa la construcción del pozo de entrada, verificando la ejecución de los anclajes necesarios para la transferencia de esfuerzos entre las pantallas y la losa; en segunda instancia, debe supervisar la construcción de una losa en el fondo del pozo de lanzamiento, donde se sitúa el marco de hincado, con el fin de evitar asentamientos durante el gateo o desviaciones en la posición de la tubería. En tercera instancia, verifica que la pared del pozo tenga las dimensiones necesarias para evitar socavaciones dentro del pozo. Igualmente el interventor supervisa la construcción del pozo de llegada de la máquina que es de un tamaño menor al pozo de entrada, también supervisa la construcción de la pared de hincado, el anillo estructural de fondo que resiste las fuerzas de empuje de la máquina y la construcción de pozos intermedios (cuando sean necesarios). Todas estas actividades anteriormente nombradas, deben cumplir con las especificaciones estructurales necesarias para soportar la fuerza de reacción producida por la maquinaria.

5.1.5 DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO

El Contratista realiza el drenaje y bombeo de los pozos recién excavados, para garantizar un lugar de trabajo seco, libre de aguas lluvias infiltradas o aguas servidas, que puedan interrumpir o afectar negativamente la integridad del proyecto. El interventor debe permitir la perforación del túnel después de realizar las actividades de drenaje y bombeo requeridas, para que el nivel del agua descienda lo suficiente y permita que el suelo del pozo de lanzamiento esté seco. Asimismo, cuando el proyecto lo requiera, el interventor verificará que el contratista suministre la mano de obra, los materiales y el equipo requerido para desviar el flujo de alcantarillado alrededor del área de trabajo a un punto aceptable de descarga. Todas las actividades nombradas anteriormente, deben ser realizadas bajo la normatividad local vigente y los parámetros de diseño aprobados por el interventor. (Para ampliar este tema se recomienda revisar las actividades especificadas en el numeral 4.1.2.4.)

5.1.6 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Después que el contratista realice las actividades preliminares y tengan el visto bueno de la interventoría se inicia con la ejecución de la obra principal. La actividad central para esta tecnología es la instalación de la tubería nueva, esta actividad representa el 60% de la duración total del proyecto y está sujeta a los conocimientos del contratista, el entrenamiento del personal y velocidad de hincado; dadas estas condiciones y con el fin de evitar que los operarios y la maquinaria sean puestos bajo un estrés excesivo, es necesario definir una tasa promedio de instalación diaria, asegurando que no se vea comprometida la calidad de la obra. (*Thomson, James, 1993*)

Asimismo, dentro de esta etapa, el interventor tendrá a cargo la inspección de las siguientes actividades:

- Tubería de hincado.
- Excavación del túnel.
- Hincado de la tubería.
- Verificación del sistema laser de guiado.
- Verificación de la posición de la tubería.

A continuación se amplía cada uno de estos numerales.

5.1.6.1 TUBERÍA DE HINCADO

La tubería de hincado es uno de los materiales que deben ser sometidos a un seguimiento riguroso, debido a los altos estándares de calidad que se requieren, para evitar los siguientes eventos: filtraciones dentro de la tubería nueva, inundaciones al

interior del túnel, daño de motores, atascos en el sistema de bombas o colapsos internos. Para tal fin, la interventoría, desde la etapa de planeación debe definir cuál va ser el seguimiento que se realizará a esta actividad para asegurar la calidad del producto, desde el proceso de fabricación, pasando por el transporte, carga, descarga y el gateo de los tubos. Es importante considerar que la totalidad de la tubería debe venir de un solo fabricante para asegurar la homogeneidad del tramo. (Najafi, Mohammad, 2010)

Dentro de esta perspectiva, el interventor debe planear detalladamente las actividades de verificación para este numeral, bajo las normas de diseño de tubos para Pipe Jacking definidas por el estándar BS-5911 y la norma NTC 401 para a fabricación de tubos de alcantarillado. Dado lo anterior, la interventoría debe definir desde la fase de planeación los siguientes parámetros:

- *El equipo de verificación:* Personal responsable.
- *El método de verificación:* En el cual quede consignado según el ID del tubo, la fecha de fabricación, el consecutivo, las propiedades físicas, los defectos, entre otros.
- *La frecuencia de verificación.*
- *Los instrumentos de registro.*
- *El proceso de fabricación de tubos.*
- *Los materiales empleados en la fabricación:* Se realiza un seguimiento a la materia prima que se emplea para la fabricación de tubería, y los resultados de los ensayos que el fabricante ejecute, en cuanto a sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.
- *Parámetros de aceptación según las especificaciones del contrato:* donde se definen los criterios de aceptación para las dimensiones de la tubería y las propiedades físicas del tubo. Como resultado de la verificación de la fabricación del tubo, el interventor debe rechazar cualquiera de los defectos presentados en el tubo consignados en la Tabla 6.
- *Procedimientos a seguir en caso que el producto sea declarado como no conforme:* Se debe definir cuáles deben ser los procedimientos para efectuar reparaciones en obra de la tubería de hincado (como el uso de inyecciones o morteros especiales para el relleno de fisuras).

Otra de las actividades a cargo del interventor, es la inspección de las condiciones de transporte y almacenamiento para la tubería, dentro del sitio de construcción; esta labor tiene como fin asegurar la calidad de los tubos y evitar su deterioro prematuro, producto de cargas puntuales aplicadas o cualquier tipo de alto impacto. Los parámetros de almacenamiento son definidos en su totalidad por el fabricante; entre ellos se destacan: (Najafi, Mohammad, 2010)

- Los tubos deben ser colocados en suelos compactos que estén nivelados, libres de tierra negra y material vegetal, para evitar el pandeo de los mismos.
- Asegurar los tubos al suelo, para evitar que rueden o se deslicen, mediante el uso de soportes o cuñas en madera o acero en cada uno de sus extremos.

- Evitar el exceso de apilamiento, para no sobrecargar las tuberías que se encuentran en la parte inferior de las pilas. Se debe almacenar tubos de la misma referencia (diámetro y clase) en dos hiladas como máximo.
- Las pilas de tuberías no deben ser colocadas cerca de zanjas abiertas o pozos.
- Para tubos con revestimientos protectores, deben ser almacenados sobre soportes, para evitar el daño a los revestimientos y las articulaciones.
- Los anillos de caucho o empaques deben mantenerse limpios y protegidos de la luz solar y la exposición a altas temperaturas, asimismo, se debe evitar el contacto con hidrocarburos, solventes, grasas u otras sustancias que pueda deteriorarlos.
- Los empaques de caucho tipo arpón del espigo y rectangular de la campana, deben estar adheridos en su totalidad a la tubería en todo su perímetro. (Imagen 1)
- Se debe revisar que la campana de acero inoxidable o galvanizado (frio o caliente) no presente deformaciones. (Imagen 1)
- El anillo de madera en la campana debe estar correctamente localizado y adherido antes de iniciar el hincado. (Imagen 1)
- El interventor verifica las dimensiones y características del tubo según el contrato.
- El interventor debe verificar especialmente que la escuadra no presente una diferencia mayor a $\pm 5\text{mm}$ con el fin de evitar la presencia de tubos achaflanados que generen desviación en el hincado. Este parámetro garantiza principalmente que el contratista cumpla con una deflexión angular menor al 1° .

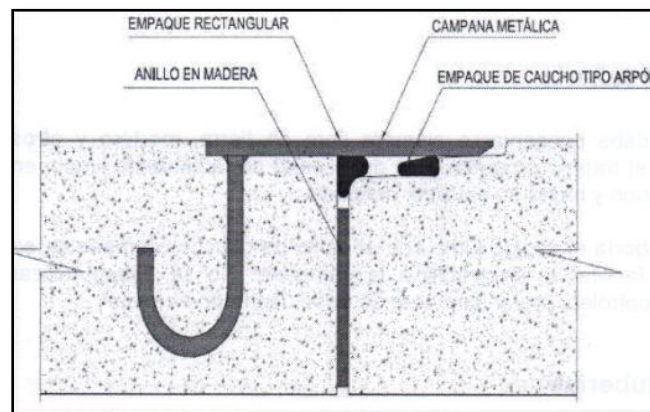


Imagen 1. Unión típica de la tubería de concreto reforzado.

Fuente: (Vargas, Alexander, Titán 2012)

En el mismo contexto, para la instalación de la tubería el interventor debe verificar en una primera instancia, el uso de eslingas textiles para elevar y descender la tubería al pozo de hincado por medio de una puente grúa o cualquier otro equipo con la capacidad de carga adecuada; el descenso del tubo debe ser controlado de tal forma que no gire

excesivamente y no golpee las paredes del pozo, ni el marco de hincado. De igual manera, las eslingas deben ser utilizadas alrededor de las paredes de la tubería para ser elevadas y descendidas a la posición de hincado (Foto 2.A); si las eslingas pasan por el interior del tubo a través de la campana y el espigo, pueden dañar el collar de acero de la campana. Para tuberías de diámetros mayores a 1.2m deberá realizarse el enganche de los bulones a la eslinga o cables de acero (Foto 2.B). En ningún caso se permite el arrastre del tubo.

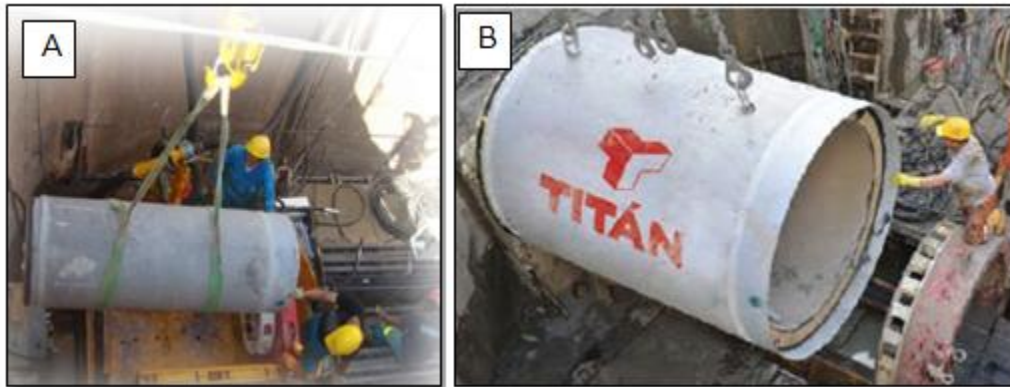


Foto 2. Transporte de tubería.

Fuente: (<http://www.titancemento.com>)

Como segunda medida, el interventor debe verificar que el contratista aplique la fuerza de empuje recomendada por el fabricante, para evitar daños en la tubería y desviaciones indeseadas. En el caso que, la interventoría no garantice la calidad de los tubos para hincar pueden llegar a estallarse dentro del subsuelo por la fuerza de hincado; si el tubo se daña por completo la tubería no funcionará. Para superar este problema, se determina el grado de afectación; como primera medida se establece si la pieza se puede recalzar, de lo contrario, se evalúa junto al Interventor la posibilidad de hacer una línea paralela a la tubería dañada o la posibilidad de crear un nuevo pozo encima del tubo afectado para realizar la extracción y continuar desde ese punto nuevamente con el hincado, entre otras medidas que puedan acordarse conjuntamente.

5.1.6.2 EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

El Contratista deberá instalar piezómetros de hilo vibrátil a lo largo del eje de la perforación. Su instalación se hará de manera previa a la iniciación de los trabajos de construcción, serán instalados a una profundidad y espaciamiento según las consideraciones del contrato. Deben ser leídos al menos una vez por semana durante la etapa de construcción, a fin de, alertar sobre cualquier cambio en la posición del nivel freático cercano a la superficie y los cambios en las presiones de poros al nivel del sitio de la obra.

De igual manera, para la medición y control de los asentamientos, el Interventor deberá supervisar que el Contratista implemente un sistema de instrumentación compuesto por inclinómetros y extensómetros; estos deben monitorear continuamente las condiciones del terreno, para adoptar las medidas correctivas que se precisen.

Además, es importante que el contratista tenga presente las condiciones del suelo para evitar imprevistos o sobre excavaciones; un ejemplo común, se presenta cuando la tuneladora trabaja en suelos arenosos, dado que la máquina tiende a “caerse” por su propio peso debido a la poca portabilidad del terreno. Para evitar esta situación, el contratista debe evitar los periodos de descanso prolongados al momento de la perforación, si el terreno presenta estas características la tuneladora se desvía y arrastra con ella a la tubería ya instalada.

Finalmente, entre las actividades de verificación realizadas durante esta etapa, el interventor verifica que el agujero excavado no sea superior a 1.2" mayor que el diámetro exterior de la tubería, con el fin de permitir el paso de la bentonita alrededor de la superficie exterior del tubo en el espacio anular, ayudando a lubricar y sostener el suelo circundante. (*Missouri, 2005*)

5.1.6.3 HINCADO DE TUBERÍA

Entre las obligaciones del interventor, está la inspección de la transición que hace la máquina que está rígidamente apoyada en el pozo, a la pared del suelo que al ser un material más suave, el peso del equipo a menudo causa asentamientos en esta parte del subsuelo. Este desalineamiento al principio del hincado, puede causar que todos los tubos pasen por esta desviación.

Otro punto que debe supervisar el interventor es la aplicación de la fuerza de gateo, dado que, el aumento de la longitud de tubos ya instalados, requiere que la aplicación de la carga de hincado aumente progresivamente; de manera que las secciones finales de la tubería son empujadas con una fuerza mayor. Cuando la fuerza necesaria de hincado sobrepasa a la fuerza máxima recomendada, generará desviaciones considerables en el alineamiento de la tubería. Esta combinación usualmente conduce al fracaso del proyecto, es por ello, que el contratista debe planificar la distribución de fuerzas de empuje dentro del túnel desde la etapa de diseño, para tal fin se emplea interjacks, los cuales se insertan en puntos estratégicos dentro de la cadena de tuberías. El interjack divide la línea de tuberías en longitudes más manejables; de esta manera, se puede obligar a que cada longitud avance individualmente y de manera independiente del resto de la cadena de tuberías. Es el equivalente de tener varios Pipe Jackings más pequeños funcionando al mismo tiempo. (*Thomson, James, 1993*)

Cuando se realice el empalme de la tubería, es importante que se lubrique el espigo junto al anillo de caucho para facilitar el ensamble a la campana. No se deben usar lubricantes

derivados del petróleo, preferiblemente se debe usar jabón vegetal. (Vargas, Alexander titán 2012)

En último lugar, el Contratista deberá mantener un registro diario de actividades realizadas durante el proceso de hincado de tubería, este registro será entregado diariamente al Interventor para propósitos de archivo. Las actividades que deben ser registradas y entregadas al interventor por parte del contratista se encuentran consignadas en el ANEXO G.23.

5.1.6.4 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LASER DE GUIADO

Durante el proceso de hincado de tubería, es necesario contar con un sistema láser mecanizado un teodolito y un monitor de seguimiento, para establecer la posición (cota y pendiente) y la desviación (vertical y horizontal) de la tubería, dado que, un equipo de estas características tiene la ventaja de proporcionar un suministro confiable, inmediato y continuo de información. El operario de la TBM necesita una confirmación inmediata de los efectos de sus maniobras de conducción, de forma tal que pueda mantener el equipo dentro de los límites del eje nominal. (Thomson, James, 1993)

La calibración del equipo debe ser realizada por un topógrafo, con la frecuencia definida por el contratista. Con el fin de garantizar el éxito de la medición se deben evitar los siguientes escenarios: (Thomson, James, 1993)

- Un problema común es el movimiento del láser cuando es aplicada la fuerza de hincado, usualmente pasa desapercibida y debe ser considerada para la medición.
- La dispersión y distorsión del haz del láser particularmente en máquinas pequeñas por la generación de calor y contaminantes atmosféricos; para tal efecto, se necesita contar con un buen sistema de extracción y ventilación del conducto.
- Mantener el haz sobre el objetivo es a veces difícil cuando la máquina se desvía. Esto puede significar que las condiciones de posicionamiento y dirección cambian, en estos casos el operario debe parar el procedimiento, hasta que sea calibrado el láser y corregido el curso del equipo. Evitando categóricamente que se realice el procedimiento a ciegas.

En esta misma perspectiva, se deben considerar las limitaciones acerca de la distancia efectiva de medición de los equipos láser, debido a que datos experimentales han mostrado que a partir de los 80m de distancia, el láser puede registrar mediciones imprecisas; el rango de desviación para el extremo de una sección se encuentra entre los 10 y 30mm, mientras que, antes de los 80m de distancia, el rango de desviación es menos de la mitad de 10mm. (FSTT, 2006)

5.1.6.5 VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA TUBERÍA

El Contratante es el encargado de definir el nivel de tolerancia que se requiere para el posicionamiento del tubo dentro del subsuelo, dependiendo principalmente de las condiciones del terreno y las dimensiones del proyecto; el interventor será el encargado de revisar la cota, la pendiente y la deflexión angular comparando las tolerancias definidas para el alineamiento final del tubo con el eje teórico; en todo caso, deberán ser inferiores a aquellas desviaciones que puedan generar daños en las tuberías o en el revestimiento.

La desviación en el nivel (cota) es el primer parámetro que verifica la interventoría. En un suelo estable y homogéneo, las tolerancias máximas para las tuberías hincadas con Pipe Jacking es de ± 50 a 75 mm de diferencia con la cota de diseño y ± 50 mm para la desviación horizontal. Para la tubería hincada con Microtunneling, las tolerancias máximas son de ± 25 mm de diferencia con la cota de diseño. Sin embargo, en algunos suelos, especialmente en terrenos inestables o cuando hay presencia de obstrucciones, estas tolerancias serán difícilmente alcanzadas. (PJA, 2012)

La desviación angular es el tercer parámetro que verifica la interventoría; existen varios valores para este numeral según diversas fuentes como se expresa seguidamente; por esta razón, el Contratante debe definir cuál es la tolerancia aplicable para el proyecto.

La sociedad francesa de trenchless propuso que sea aceptada una deflexión entre las uniones de 1° bajo la fuerza máxima de empuje de diseño, otras entidades sugieren una desviación máxima angular de 0.5° . Sin embargo, en la mayoría de suelos (sin contar los suelos blandos y los suelos con una capacidad portante deficiente) y realizando un trabajo óptimo, teóricamente debería ser posible reducir sustancialmente la desviación angular máxima a 0.2° o menos. Por otra parte, para los tramos curvos es posible aceptar desviaciones de 1° , siempre y cuando, se utilicen los materiales apropiados para la amortiguación en las juntas de la tubería. (Thomson, James, 1993)

Asimismo, la norma BS 5911 en la Tabla 6 plantea que la desviación angular máxima para tubos desde 900 a 1200mm de diámetro debe ser de 1° , para 1350 hasta 1800mm debe ser de 0.5° y para tubos de 1950 a 3000mm la desviación será definida según el fabricante del tubo.

Es importante tener en cuenta que si existen deflexiones negativas una vez terminada la instalación del tubo, se crean bateas que producen represamientos locales y posibles asentamientos de desechos y sedimentos. Cualquier desalineamiento deberá ser corregido a satisfacción del Contratante, mediante una recalificación con sistemas de inyección o tratamiento de fondo que no afecten la capacidad hidráulica del conducto ni la velocidad del flujo. (Vargas, Alexander, titán 2012)

Es importante resaltar, que en el mismo instante que se realiza la medición de la desviación angular, debe aplicarse la fuerza de hincado, debido a que la mayoría de las calibraciones coinciden con los tiempos de descanso cuando la carga no se está

aplicando, lo que produce que las deflexiones angulares se relajen y no reflejen las condiciones reales dentro del túnel. (Thomson, James, 1993)

Finalmente se debe considerar, que existen casos donde la tubería puede cumplir con las tolerancias para la cota y la pendiente pero no necesariamente para el grado; inclusive se presenta el caso contrario, que cumpla la desviación angular pero no cumpla con la tolerancia máxima para la cota y la pendiente (Imagen 2).

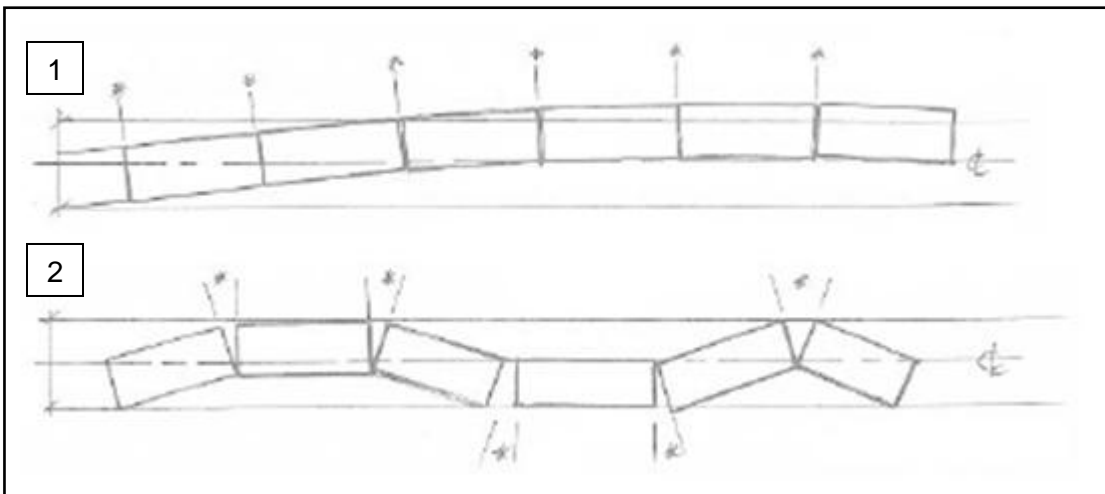


Imagen 2. Desviaciones en la tubería hincada.

Punto 1. Tubería fuera de los límites de tolerancia para la línea y el nivel; sin embargo, cumple con la tolerancia máxima para la deflexión angular. Punto 2. Tubería dentro de los límites de tolerancia para la línea y el nivel; sin embargo, no cumple con la tolerancia máxima para la deflexión angular.

Fuente: (PJA, 2012)

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para la ejecución de la obra con Pipe Jacking y Microtunneling” (ANEXO G.2.). Donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, tratadas en este capítulo.

5.1.7 MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL

Con el fin de, controlar los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores y prevenir la ocurrencia de accidentes de trabajo, derivados de la ejecución del proyecto; asimismo, minimizar los impactos negativos que afectan al medio ambiente. El interventor

supervisará los aspectos generales consignados en el numeral 4.1.2.6, y los aspectos específicos para Pipe Jacking que se enumeran a continuación:

- Seguridad para trabajos confinados.
- Riesgo de explosiones.
- Ventilación.
- Precauciones dentro de los pozos.
- Uso de químicos y aditivos.
- Escombros peligrosos.

Cada uno de estas consideraciones se amplía a continuación.

5.1.7.1 SEGURIDAD PARA TRABAJOS CONFINADOS

El diámetro mínimo de la tubería para el ingreso de un operario debe ser de 900mm con una longitud máxima de 60 m, para longitudes mayores a 60m el diámetro debe ser 1200mm, para diámetros más pequeños a 900mm todas las operaciones de construcción, reparación o mantenimiento se llevan a cabo de forma remota. (*Thomson, James, 1993*) Igualmente, es necesario seguir las recomendaciones que se establecen en la norma NS-111 del acueducto.

5.1.7.2 RIESGO DE EXPLOSIONES

Algunos sitios pueden contener bolsas de metano, un subproducto de la descomposición orgánica, este es un peligro que muchas veces se presenta en la construcción de túneles. Por tal motivo, el contratista debe seguir las recomendaciones establecidas por la norma local donde se establecen los procedimientos para: la comprobación de la existencia de metano, el seguimiento que se debe realizar y los métodos de trabajo que deben adoptarse si se comprueba su presencia en el trayecto (Ej. Algunos sistemas eléctricos están modificados para disminuir el riesgo de explosión subterránea en la presencia de gases volátiles). (*Thomson, James, 1993*)

Para complementar este numeral se recomienda ver el trabajo de grado realizado en la Universidad Javeriana denominado: “*Propuesta de elementos normativos sobre aspectos de limpieza, inspección y seguridad industrial que influyen en los procesos de rehabilitación de alcantarillado para Bogotá.*” Y las normas de minería en Colombia.

5.1.7.3 VENTILACIÓN

Para la protección de los trabajadores en espacios confinados es necesario contar con sistemas de ventilación que evacue humo, polvo, contaminantes y cualquier clase de gases tóxicos y volátiles. Además, se debe proporcionar un sistema de ventilación forzada para la refrigeración de los equipos y la reducción de la distorsión del láser debido a la contaminación del aire. (Thomson, James, 1993)

Para complementar este numeral se recomienda ver el trabajo de grado realizado en la Universidad Javeriana denominado: “*Propuesta de elementos normativos sobre aspectos de limpieza, inspección y seguridad industrial que influyen en los procesos de rehabilitación de alcantarillado para Bogotá.*” Y las normas de minería en Colombia.

5.1.7.4 PRECAUCIONES DENTRO DE LOS POZOS

La buena limpieza en la parte superior del pozo y el uso de eslingas apropiadas para atar tubos, herramientas y materiales ayudará a prevenir lesiones por la caída de objetos, a su vez, el uso de cascos de seguridad debe ser obligatorio para todos los operarios. (Thomson, James, 1993)

Los accesos a los pozos tales como escaleras, barandas y barreras tienen que estar bien ancladas a las paredes del pozo y mantenerse limpias de barro para evitar accidentes. (Thomson, James, 1993)

5.1.7.5 USO DE QUÍMICOS Y ADITIVOS

A menudo se utilizan lechadas químicas o lodos de perforación para: estabilizar el suelo, reforzar el terreno circundante del túnel y lubricar la maquinaria. Aunque la mayoría de estos químicos y aditivos han sido verificadas y aprobadas para garantizar su compatibilidad con el medio ambiente, es necesario tener en cuenta las recomendaciones que realiza el fabricante para manejo y almacenamiento, puesto que su uso puede estar limitado para alguna clase de suelos y condiciones de aguas subterráneas. (Thomson, James, 1993). Es importante resaltar que, en el proceso de excavación deben ser recolectados los lodos de perforación mediante el uso de bombas de marinaje en superficie, estos se almacenan, se reciclan y deshidratan, para finalmente ser retirado y transportado a las escombreras autorizadas. En este proceso el contratista debe medir la calidad y la densidad del agua que está recirculando, con el fin de establecer cuándo es necesario cambiar el suministro del agua por uno nuevo.

5.1.7.6 ESCOMBROS PELIGROSOS

Cuando la excavación debe realizarse en zonas contaminadas por desechos domésticos, industriales, o cerca de tanques de almacenamiento de combustible (si existen filtraciones en los tanques, las descargas de combustible se acumulan en el suelo), los escombros provenientes de la excavación deben tener un manejo especial y una disposición final únicamente en lugares autorizados, debido a su carácter tóxico y peligroso. (*Thomson, James, 1993.*) Para trabajos confinados en este tipo de condiciones, los operarios deben estar capacitados para laborar dentro de lugares potencialmente peligrosos, además deben usar ropa protectora y un equipo de respiración. (*Thomson, James, 1993*)

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para el control SISOMA con Pipe Jacking y Microtunneling” (ANEXO G.3.). Donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, tratadas en este capítulo.

5.1.8 RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

Principalmente la reconexión de los tramos debe seguir las consideraciones presentadas en el numeral 4.1.2.7; asimismo, se deben cumplir con los lineamientos que se establecen a continuación:

- Inspección visual o por CCTV.
- Pruebas hidrostáticas.
- Ensayos de calidad de los materiales.

Seguidamente se hace una ampliación a los puntos anteriormente citados.

5.1.8.1 INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV

Para evaluar las condiciones finales de la red comúnmente se realiza una inspección visual (cuando las dimensiones de la tubería lo permitan), de lo contrario el método más utilizado es la inspección por circuito cerrado de televisión (CCTV). La inspección tiene como objetivo la identificación y localización de los defectos, fisuras y deflexiones al interior de la nueva red; además, el interventor determinará si existen humedades entre las juntas de los tubos que necesiten ser impermeabilizadas.

También es necesario, que el interventor verifique que en los tubos con pases de inyección (Imagen 3, Punto 1) sean sellados con los nicles galvanizados de 1½” de diámetro (tapones roscados) y se deberán resanar para colmatar dichos orificios.

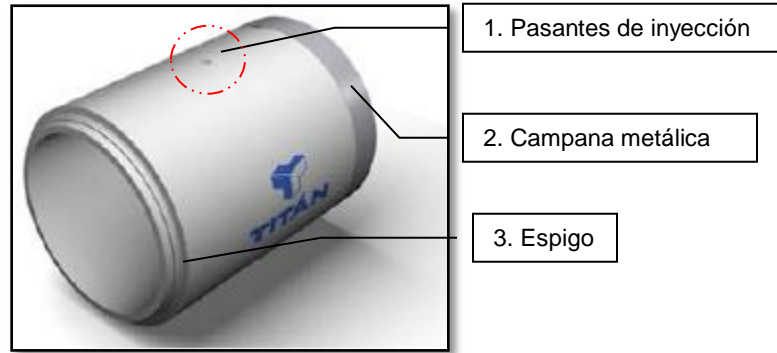


Imagen 3. Tubería tipo Pipe Jacking.

Fuente: (<http://www.titancemento.com>)

5.1.8.2 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

La interventoría debe verificar que el contratista realice las pruebas de estanqueidad para las tuberías instaladas con el objeto de corregir las infiltraciones o fugas que se presenten. Estas pruebas deberán realizarse una vez se termine de instalar el tramo, sin el ingreso de los efluentes producto de las conexiones domiciliarias, a menos que se efectuó el taponamiento de ellas. Asimismo, el interior del tramo debe estar libre de escombros, sedimentos y residuos provenientes de la instalación u operación de la red. Estas pruebas se realizan bajo los parámetros especificados en la norma NE-012 “Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado”.

Las pruebas aprobadas por el acueducto son:

- Prueba de estanqueidad por el método de ex filtración con agua.
- Prueba de hermeticidad por el método de presión positiva con aire.
- Prueba de hermeticidad por el método de presión negativa.
- Prueba de estanqueidad con probador de juntas in situ “Joint Tester”.

5.1.8.3 ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Como primera medida se realizan los ensayos para determinar las propiedades físicas del material (Ej. la resistencia a la tensión de las varillas de acero de refuerzo etc.). Utilizado en la construcción de los pozos de hincado, pantallas estructurales (temporales y definitivas), vigas cabezales, losas de fondo, anillos de fundación de todos los pozos etc., se analiza el material según las disposiciones de las normas técnicas colombianas.

Como segunda medida, la interventoría certifica la calidad de la tubería que se utiliza para el hincado. Para tal fin, debe seguir la normatividad local de fabricación de la tubería u

otra norma que especifique el contrato. Si es necesario se puede acordar con el contratista que el interventor realice visitas continuas a las instalaciones del proveedor para verificar el proceso de fabricación de los tubos. Si los tubos son en concreto y producidos en Colombia, deben ser fabricados según la Norma Técnica Colombiana NTC 401 “Tubos de concreto reforzado para alcantarillado”, y cumplir con los estándares definidos en la norma BS 5911 “Precast concrete pipes, fittings and ancillary products - Part 120: Specification for reinforced jacking pipes with flexible joints”. En estas normas se establecen los ensayos que debe realizar el contratista para determinar si los tubos cumplen con las especificaciones o deben ser rechazados por no cumplir con las normas. Para tal fin, el fabricante debe suministrar, sin costo alguno, el número de tubos que se requieran para la realización de los ensayos y el cliente ha de seleccionarlos al azar. No deben formar parte de la muestra los tubos que son rechazados individualmente por inspección visual. El cliente debe especificar en la orden de compra los sitios donde tomará la muestra. (NTC 401, 2009)

5.1.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

En este numeral se recopilan todas las exigencias mínimas que define el contratante desde la planeación del proyecto y que la interventoría verifica a lo largo de la implementación del mismo. El interventor debe asegurar que el contratista cumpla en primera instancia con lo estipulado en el contrato de obra, y en segunda instancia, con la normatividad nacional e internacional aplicable a las obras que emplean el método Pipe Jacking. Estos criterios de aceptación se presentan en la Tabla 6.

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Calidad de los materiales		
Cemento	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 6.2.1 de la NTC 401.	NTC 401, NTC 121 y NTC 321
Adiciones	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 6.2.2 de la NTC 401.	NTC 401
Agregados	Debe cumplir con las recomendaciones establecidas en la norma NTC 174.	NTC 174
Aditivos	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 6.2.4 de la NTC 401.	NTC 401
Fibras sintéticas	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 6.6 de la NTC 401.	NTC 401
Agua	Debe cumplir con las recomendaciones establecidas en la norma NTC 3459.	NTC 3459
Propiedades físicas de la tubería		
Resistencia al aplastamiento del concreto	Se realizan los ensayos de resistencia mediante el método de los tres apoyos, ya sea para la carga que produce una grieta de 0,3 mm o la carga de rotura. Los resultados no deben ser inferiores a lo indicado en las Tablas 1 a 5 de la NTC 3676, para cada clase de tubo. Los tubos que se hayan sometido solamente al ensayo de la formación de la fisura de 0,3 mm y que cumplan los requisitos a la carga de grieta de 0,3 mm, deben aceptarse para su uso.	NTC 401 Numeral 11.3 y NTC 3676

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Resistencia a la compresión del concreto	Para determinar la resistencia a la compresión se realizan cilindros curados de concreto, o núcleos de concreto extraídos de la pared del tubo. Se deben aceptar los cilindros de ensayo cuando: 1) La resistencia a la compresión de todos los cilindros ensayados sea igual o superior a la resistencia de diseño; 2) Cuando la resistencia a la compresión del promedio de los cilindros ensayados sea igual o superior a la resistencia de diseño, no más de un 10 % de los cilindros ensayados sea inferior a la resistencia de diseño y ningún cilindro ensayado presente una resistencia inferior al 80 % de la resistencia de diseño: Sin embargo, si no cumple con los numerales anteriores, pero cumple con el numeral 11.6 será aceptado.	NTC 401 Numeral 11.5 y 11.6
Resistencia varillas de acero de refuerzo	El refuerzo debe ser alambre que cumpla con las especificaciones incluidas en la NTC 4002 o la NTC 1907, el refuerzo de barras lisas debe cumplir con la NTC 161, la malla de alambre debe cumplir con la NTC 1925 ó NTC 2310 y las barras de acero grado 300, deben cumplir con la NTC 248, las barras corrugadas o lisas con la NTC 2289.	NTC 401 Numeral 6.5
Área de refuerzo	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 12.5 de la NTC 401.	NTC 401
Juntas	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 9 de la NTC 401.	NTC 401
Curado	Debe cumplir con las consideraciones expuestas en el numeral 10.2 de la NTC 401.	NTC 401
Absorción	Se debe realizar el ensayo con las muestras seleccionadas de la pared del tubo por cada diseño de mezcla en cada lote. Para ser aceptadas no debe exceder del 9 % de la masa seca según el Método A, ó de 8,5 % según el Método B de la NTC 3676.	NTC 401 Numeral 11.9; BS 5911 apéndice E
Geometría de la tubería		
Diámetro interno y externo	La tolerancia del diámetro nominal interno no debe exceder de $\pm 1,5$ % para los tubos de hasta 600 mm de diámetro y $\pm 1,0$ %, para los tubos mayores de 600 mm de diámetro nominal del tubo. Si el diámetro es menor al contratado no se aceptará el tubo. En la norma BS 5911 Tabla 2, se definen las tolerancias para el diámetro externo e interno de la tubería según las dimensiones del tubo.	NTC 401 numeral 12.1; BS 5911
Espesor de pared	Se permitirá una variación en los espesores de las paredes de los tubos hasta el valor que resulte mayor entre un ± 5 % y 5 mm, con respecto al espesor de pared especificado o de diseño. Un espesor mayor al requerido en el diseño no será causa de rechazo de los tubos. Por el contrario un grosor de pared menor al contratado o con espesores variables será rechazado. En la norma BS 5911 Tabla 2, se definen las tolerancias para el grosor de pared de la tubería según las dimensiones del tubo.	NTC 401 numeral 12.2
Longitud	Es causal de rechazo si los extremos del tubo no son perpendiculares a las paredes y a la línea central del tubo, dentro de los límites correspondientes a las tolerancias establecidas en los numerales 12.3 y 12.4.	NTC 401 numeral 12.3 y 12.4; BS 5911
Escuadra*	El tubo será aceptado si valores evaluados de Psp y Pso (Ver formula en el ANEXO B. Imagen B.8.C. Deben cumplir con los valores presentados en la Tabla 3 de la norma BS 5911.	BS 5911
Inspección visual de la superficie de la tubería		
Desportillamientos, fracturas o grietas	No debe ser aceptado, si el tubo presenta fracturas o grietas que pasen a través de la pared. Asimismo, no se aceptan tubos dañados por la flexión, aplastamiento, estiramientos, o de otro tipo de esfuerzo.	NTC 401 Numeral 15; BS 5911
Defectos superficiales	No debe ser aceptado, si el tubo presenta defectos que indiquen que la dosificación, la mezcla y el moldeo no se encuentran de acuerdo con los criterios del numeral 10.1; o defectos superficiales que indiquen una textura abierta como hormigueros, crestas concentradas en un solo punto, decoloración, rugosidad excesiva, hoyos u orificios que pueda afectar el comportamiento del tubo.	NTC 401 Numeral 15; BS 5911
Refuerzo de acero	No debe ser aceptado una tubería, cuando su refuerzo no quedo embebido en el concreto y se observe a simple vista.	BS 5911

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Fisuras	No debe ser aceptado, si el tubo presenta cualquier fisura superficial que tenga un ancho superficial de 0,3 mm, o más, y que se extienda por una longitud de 300 mm, o más, independientemente de su posición en la pared del tubo. En la norma BS 5911 Figura 8, se define las medidas que debe tener la aguja para inspeccionar este tipo de fisuras.	NTC 401 Numeral 15; BS 5911
Empaques de caucho	Deben ser diseñados bajo la norma BS 2494. El empaque de caucho tipo arpón debe estar adherido en su totalidad al perímetro del espigo y el caucho rectangular debe estar completamente adherido a el perímetro interior de la campana metálica. Después de la instalación no se puede permitir que el empaque de caucho sea visible después de acoplado el tubo; debido a que compromete la impermeabilidad de la tubería.	BS 2494
Anillos de madera	Deben estar situados en la campana y adherido completamente. El material y el espesor deben ser definidos por el fabricante de la tubería.	N/A
Campana del tubo	No se puede permitir un deterioro o deformación en la campana de acero galvanizado o inoxidable. Para la campana de acero galvanizado se requiere un espesor de 76.2 μ o 3 mils de pintura, este valor debe ser el promedio medido en cuatro puntos alrededor del perímetro del anillo. En el caso de la campana de acero inoxidable no se aplica. Asimismo la campana no puede tener una variación mayor a ± 1.5 mm en el diámetro.	N/A
Condiciones generales del túnel		
Filtraciones	No debe existir infiltración de agua de cualquier origen en ningún punto del tramo instalado. Si se presenta goteo o flujo es necesario implementar procedimientos de reparación tales como resanes, recalces, revestimientos etc.	N/A
Desviación angular máxima	Debe ser definida por el contratante puede variar de 1° a 0.5° según las condiciones del terreno, para realizar su medición se sigue los lineamientos de la norma BS 5911 apéndice K.	BS 5911
Datos que arroja la máquina	El interventor deberá verificar sistemáticamente los parámetros de presión y sostenimiento de la máquina microtuneladora, así como los diferentes datos arrojados por el componente geotécnico de la operación; además, deberá concentrarse, entre otros. Las presiones de columna de agua, las presiones de cámara, las presiones de balance en operación, las presiones de bentonita o del polímero.	N/A
Alineamientos horizontales y verticales	Las tolerancias máximas para las tuberías hincadas con Pipe Jacking son de ± 50 a 75 mm de diferencia con la cota de diseño. Para la tubería hincada con Microtunneling, las tolerancias máximas son de ± 25 mm de diferencia con la cota de diseño.	PJA-2012
Pendiente	La desviación máxima permitida es de ± 50 mm en Pipe Jacking. Para Microtunneling la desviación es muy pequeña, alcanzado la pendiente de diseño.	PJA-2012
Asentamientos	Los asentamientos máximos permitidos en superficie sobre el eje del interceptor en túnel serán definidos por el contratante según las condiciones del suelo. En ningún caso los asentamientos podrán ser tales que ocasionen daños en las construcciones o edificaciones vecinas; si estos llegaren a presentarse, todos los costos por concepto de arreglo, reparación y/o reconstrucción de edificaciones y/o construcciones en general, deberán ser asumidos por el Contratista.	N/A
Asentamientos superficiales	Cualquier asentamiento en superficie, superior al permitido, deberá ser de inmediato informado al Contratante y todas las operaciones de excavaciones serán llevadas a sus mínimos avances permitidos para evitar daños por los asentamientos en la superficie y atascamiento del sistema máquina-revestimiento, hasta tanto se tomen las medidas remediales que permitan continuar con los trabajos.	N/A
Bateas/superficie final	El túnel no podrá tener gradientes negativos que produzcan represamientos locales. Cualquier desalineamiento deberá ser corregido a satisfacción del Contratante, mediante una recalcificación con sistemas de inyección o tratamiento de fondo que no afecten la capacidad hidráulica del conducto; sus costos serán asumidos por el Contratista. Además, se debe garantizar que la superficie del tubo después de la instalación no presente daños especialmente en clave, que perturben el tránsito del flujo.	N/A

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Permeabilidad	El Contratista deberá garantizar que no se presentará en el túnel construido, una infiltración superior a la máxima permitida en el RAS 2000 para redes de alcantarillado.	RAS 2000
Presión hidrostática	Se deben seguir las recomendaciones dadas por la norma BS 5911 apéndice F.	BS 5911 y ASTM C443

* Este es un parámetro que se evalúa para medir la perpendicularidad de las caras extremas de los tubos, como se muestran en Anexo B -Foto B.7.A. Evaluando las fórmulas (ANEXO B - Foto B.7.C), se puede determinar si el tubo presenta una desviación, positiva o negativa en el espigo o la campana como se muestra en del ANEXO B- Foto B.7.B.

Tabla 6. Criterios de aceptación para Pipe Jacking.

5.1.10 RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Luego de finalizar con la etapa de construcción el Contratista deberá adecuar todos los pozos de entrada y salida para que funcionen como pozos de inspección, realizar las cañuelas necesarias dentro del pozo y restaurar las áreas aledañas afectadas a su condición original según las especificaciones del contrato. (Ver numeral 4.2.4.)

5.2 HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING (HDD) (Perforación Horizontal Dirigida) (PHD)

Es un método dirigible, para la instalación subterránea de tuberías, ductos y cables en un arco superficial a lo largo de una trayectoria taladrada prescrita, utilizando una plataforma de perforación lanzada de superficie, con un mínimo impacto sobre el área circundante. Esta máquina es guiada a través de un localizador el cual determina la posición exacta del cabezal y el sitio preciso del avance de la excavación. Esta técnica se usa para instalar principalmente tubería de polietileno de alta densidad y acero. El proceso constructivo de HDD, se amplía en el “ANEXO C. Procedimiento instalación nueva Horizontal Directional Drilling (HDD)”.

5.2.1 CUADRO NORMATIVO

Las principales herramientas que posee la interventoría para exigir el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el contratista son: el contrato de obra y la normatividad (nacionales e internacionales). Para tal fin, todas las normas utilizadas, deben ser las últimas publicadas por la entidad correspondiente; a menos, que el contrato indique lo contrario.

También se utilizan máquinas que se lanzan desde pozos, pero este sistema no se trata en detalle en este documento; sin embargo, algunas normas son igualmente aplicables a este sistema de HDD.

Actualmente en Colombia el proceso de instalación para HDD no se encuentra normalizado, igualmente, no existe una norma para el diseño y ensayo de la tubería que se usa en el proceso de instalación. (Maldonado, Luis Guillermo, 2012) Sin embargo, a nivel mundial el proceso de instalación, diseño y ensayo de tubería para el método HDD se encuentra normalizado primordialmente por ASTM, DIN, BS o ISO. Las normas principales para la instalación nueva de tubería de polietileno con HDD se encuentran en la Tabla 7.

NACIONALES	
INVIAS	PMT (Planes de Manejo del Tránsito).
NE-012 (EAAB)	Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado.
NS-058 (EAAB)	Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-111 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados.

NS-114 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado.
RAS 2000	(Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Sección II-Título D “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales”.
Otros	Normas Nacionales aplicables a este tipo de proyectos y normas del fabricante para la instalación, transporte, carga, descarga y almacenamiento de sus productos.
INTERNACIONALES	
ASTM D575	Standard Test Methods for Rubber Properties in Compression.
ASTM D618	Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing.
ASTM D638	Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
ASTM D790	Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
ASTM D1505	Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique.
ASTM D1693	Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics.
ASTM D2657	Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipe and Fittings.
ASTM D2683	Standard Specification for Socket-Type Polyethylene Fittings for Outside Diameter-Controlled Polyethylene Pipe and Tubing.
ASTM D3035	Standard Specification for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fittings for Polyethylene (PE) Plastic Pipe and Tubing.
ASTM D3261	Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.
ASTM D3350	Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.
ASTM F714	Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR-PR) Based on Outside Diameter.
ASTM F1290	Standard Practice for Electrofusion Joining Polyolefin Pipe and Fittings.
ASTM F1962	Standard Guide for Use of Maxi-Horizontal Directional Drilling for Placement of Polyethylene Pipe or Conduit Under Obstacles, Including River Crossings
ASTM F2620	Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyethylene Pipe and Fittings
DIN EN 16228-3	Drilling and foundation equipment - Safety - Part 3: Horizontal directional drilling equipment (HDD)
ISO 21467	Earth-moving machinery - Horizontal directional drills - Terminology and specifications.
ISO 13953	Polyethylene (PE) pipes and fittings -- Determination of the tensile strength and failure mode of test pieces from a butt-fused joint.

Tabla 7. Cuadro Normativo HDD.

5.2.2 DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA

Estos aspectos corresponden a las actividades con las cuales se inicia el proceso de construcción y tienen como fin preparar el terreno donde se va a realizar la perforación. Las actividades generales que verifica la interventoría se encuentran consignados en el numeral 4.1.2.1, y los requerimientos específicos para HDD presentados en la “lista de verificación de requisitos previos al inicio de la obra” que se encuentran en el ANEXO G.4.

5.2.3 INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS

Los equipos y herramientas que comúnmente se usan para el método HDD son:

- Máquina de perforación hidráulica.
- Unidad de producción de fuerza hidráulica, independiente de la perforadora.
- Depósito para agua y aditivos del flujo de perforación.
- Bomba reguladora para la inyección del flujo de perforación.
- Punta de perforación direccionable.
- Sonda electrónica y aparato receptor con capacidad para facilitar datos relativos a la posición de la punta de perforación en cualquier punto del trazado.
- Herramientas especiales para realizar el escariado.
- Nudos giratorios para evitar la rotación del tubo durante la operación de instalación del mismo.
- Sistemas especiales de anclaje para diferentes diámetros y tipos de tubo.
- Máquina de soldadura de la tubería.

Con el objetivo de garantizar las buenas prácticas de ingeniería dentro de la obra, el interventor debe verificar que el contratista certifique las siguientes competencias:

- Operarios certificados y entrenados para el manejo del equipo de HDD.
- Entrenamiento para el manejo de tuberías según las normas del fabricante.
- Operarios certificados y entrenados para el uso de equipos de fusión.

Para el manejo de los equipos nombrados, es necesario que el contratista certifique la experiencia y entrenamiento del personal, de acuerdo con los requerimientos propios de HDD; en el ANEXO G.18 se encuentra el perfil completo que debe poseer el operario que maneje la maquinaria para esta tecnología.

5.2.4 POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Tal y como se mencionó antes, uno de los sistemas de HDD consiste en la instalación mediante pozos, en el cual se construye un pozo de entrada y un pozo de salida. El área requerida por la plataforma de perforación debe ser lo suficientemente grande, para albergar el equipo de perforación y los equipos auxiliares. Generalmente, el tamaño del pozo de entrada y de salida dependerá de la magnitud del proyecto, el diámetro del orificio y la tubería. *(ASTM F1962, 2011)*

Por otra parte, los pozos de entrada y salida son utilizados a su vez, para recoger los lodos de perforación. Cuando no sea necesario abrir alguno de los pozos de entrada o salida, se recomienda excavar un pozo pequeño que permita retener los lodos resultantes de la perforación. Dependiendo de la permeabilidad del suelo, los pozos deben ser revestidos con una membrana impermeable u otro material apropiado. *(ASTM F1962, 2011)*

Finalmente el interventor verifica la estabilidad de los pozos y recomienda la construcción de cualquier estructura temporal que evite el colapso de tierras dentro de los pozos o la socavación del terreno. Para las máquinas más pequeñas los pozos no serán muy grandes, por ende no presentaran un riesgo considerable.

5.2.5 DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO

El Contratista realiza el drenaje y bombeo de los pozos de entrada y salida, para garantizar un lugar de trabajo libre de aguas lluvias infiltradas o aguas servidas, que puedan interrumpir o afectar negativamente la integridad del proyecto. El interventor debe permitir la perforación del túnel después de realizar las actividades de drenaje y bombeo requeridas, para que el nivel del agua descienda lo suficiente y permita que el suelo del pozo de lanzamiento este seco. Asimismo, cuando el proyecto lo requiera el interventor verificará que el contratista suministre la mano de obra, los materiales y el equipo requerido para desviar los efluentes a un punto aceptable de descarga. Todas las actividades nombradas anteriormente, deben ser realizadas bajo la normatividad local vigente y los parámetros de diseño aprobados por el interventor. (Para ampliar este tema se recomienda revisar las actividades especificadas en el numeral 4.1.2.4.)

5.2.6 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Después que el contratista realice las actividades preliminares y tengan el visto bueno de la interventoría se inicia con la ejecución de la obra principal. El interventor para esta etapa, debe asegurar que la trayectoria de perforación propuesta por el contratista cumpla con las especificaciones del contrato y no produzca daños en la tubería de PEAD por esfuerzos excesivos durante la instalación. Además debe garantizar un espacio anular alrededor de la tubería de 0,5 a 1,5 veces el diámetro exterior del tubo, que garantice una lubricación completa dentro del túnel. *(Najafi, Mohammad, 2010)*

Para esta fase las principales actividades a cargo del interventor para el método de HDD serán:

- Verificación del radio de curvatura del túnel piloto.
- Verificación de la posición en el subsuelo del cabezal de perforación (vertical y horizontal).
- Verificación de la tubería
- Verificación de la calidad de la unión de la tubería.

A continuación se amplía cada numeral.

5.2.6.1 RADIO DE CURVATURA

Los ángulos de entrada de penetración dependen específicamente de las capacidades del equipo. Generalmente la máquina de perforación del túnel piloto debe garantizar un ángulo de entrada de 8 a 20°. Por el contrario, para la salida del túnel el ángulo debe ser menor a 10°. *(ASTM F1962, 2011)*

Sin embargo, según el diseño de la mayoría de las plataformas de perforación HDD el mejor ángulo de entrada puede estar entre 10 ° y 12 °. Para los ángulos de salida oscilan generalmente entre 5° (para tuberías de acero de gran diámetro) a 12 °. Cuando se diseña un ángulo de salida mayor, la tubería debe estar apoyada en una posición elevada durante el proceso de halado para prohibir que se doble, deforme, o se rompa. *(Najafi, Mohammad, 2010)*

El interventor debe asegurar que la trayectoria de perforación no presente un radio de curvatura menor al mínimo recomendado por el fabricante. Si un radio aparentemente es demasiado pequeño, el tramo de la perforación piloto no debe ser aceptado y el contratista debe perforar de nuevo el mismo tramo. Dado el caso que se deba realizar nuevamente la perforación pero no se considere práctico, ni tenga éxito, el tramo en cuestión debe ser revisado por los ingenieros de diseño, para evaluar si existe la posibilidad de que el tubo pueda funcionar adecuadamente, teniendo en cuenta que al

tomar esta decisión no se infrinja ninguna consideración presente en los códigos y especificaciones que rigen el diseño de la tubería. (Najafi, Mohammad, 2010)

5.2.6.2 VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN

Dado que, la posición real de la trayectoria de perforación, no puede ser confirmada visualmente, es necesario que el interventor esté en la capacidad de interpretar las lecturas y comprender el sistema de medición y navegación que utiliza el contratista. Para tal efecto, el interventor debe monitorear el progreso periódicamente donde apruebe los trabajos de perforación y aborde los problemas que surjan en la ejecución, presentando las medidas correctivas tan pronto como sea posible y verificar que la aproximación del equipo este dentro de los límites contratados. (Najafi, Mohammad, 2010)

Los valores admisibles para las desviaciones de la ruta de perforación tanto horizontales como verticales están definidas por el contratante, no obstante, las desviaciones normalmente deben estar entre ± 18 cm de la ruta propuesta tanto horizontal como vertical. (Najafi, Mohammad, 2010) Es importante resaltar que las desviaciones dependerán en gran medida de la precisión del sistema de navegación que generalmente varía del 1 al 2%, si el equipo no garantiza una precisión confiable según la profundidad del terreno y la inclinación es muy probable que los rangos de desviación sean mayores.

5.2.6.3 VERIFICACIÓN DE LA TUBERÍA

El interventor deberá verificar que los tubos cumplan con las dimensiones contratadas y a su vez debe inspeccionar la calidad de los tubos que llegan de la fábrica a la obra, para asegurar que se encuentre libre de defectos tales como: grietas, granulaciones, burbujas, abrasiones, cortes, desgastes o espesores no homogéneos. Estos defectos no pueden ser mayores al 10% del espesor del tubo. (ASTM F585)

La tubería y los accesorios, que estén dañados antes de la instalación pueden ser cortados y unidos nuevamente, según las especificaciones del fabricante o las cláusulas del contrato. (EPA 2, 2011)

Los tubos se ubicarán en una superficie nivelada y en posición horizontal, debe evitarse el acopio vertical el cual produce mayor ovalación a la tubería e inseguridad en el almacenamiento, se recomienda que la tubería sea apilada sobre estibas o algún tipo de material que las separe del suelo y almacenadas hasta un máximo 1.2m de altura para cualquier diámetro de la tubería.

Además, es importante que el interventor supervise que la tubería no sea arrastrada por el suelo en el momento de su transporte o inserción; para tal fin, la tubería debe estar

tendida sobre una plataforma con rodillos que la separe del suelo, evitando así, la aparición de cortes o arañazos que comprometan la integridad del material. (EPA 2, 2011)

5.2.6.4 VERIFICACIÓN DE LA SOLDADURA

Durante el proceso de expansión del túnel y halado de la tubería, el interventor debe realizar una inspección visual del cordón de soldadura de la tubería de polietileno. El uso de técnicas radiográficas y de ultrasonidos para verificar la calidad de la soldadura se empleará únicamente si el contrato lo exige. (ASTM F585, 1994)

El interventor debe supervisar que las tuberías sean soldadas de acuerdo con el método de fusión recomendado por el fabricante. Si se usa la Termo fusión de tubería PE se deben seguir el procedimiento que se describe en la norma ASTM D2657 y F2610, cuando se usa la Electro fusión para tubos PE se deben seguir el procedimiento que se describe en la norma ASTM F1290.

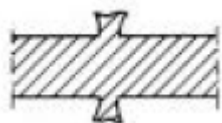
La inspección visual¹² de la unión debe seguir las recomendaciones presentadas en la Figura 4 y el apéndice X2 de la norma ASTM F2610. En esta norma se establece gráficamente, que tipo de cordón de soldadura es aceptable y cual no (Tabla 8). Es importante resaltar que el éxito y la calidad de la unión dependerán primordialmente de la habilidad y el conocimiento del operario, que conozca el procedimiento aprobado por el fabricante.

CORRECTO



El cordón de soldadura es redondeado no mayor al 10% del espesor del tubo. (Soldadura correcta)

INCORRECTO



El cordón de soldadura es demasiado estrecho y alto. (Exceso de presión)



El cordón de soldadura es muy pequeño. (Presión insuficiente)

¹² El interventor puede inspeccionar las uniones según las normas ASTM o siguiendo los lineamientos estipulados en el manual de instalación hecho por el fabricante de la tubería. (ASTM F2620, 2011)

	<p>Existe una hendidura profunda en medio del cordón de soldadura. (Temperatura insuficiente o tiempo de transición demasiado largo)</p>
	<p>Desalineamiento del tubo (Los tubos no se alinearon correctamente a la máquina)</p>
	<p>Diferentes espesores de pared. (Los materiales tienen diferentes temperaturas de fusión o se realizó una fusión incompleta)</p>
	<p>El Cordón de soldadura presenta virutas. (Contaminación de la unión)</p>

Tabla 8. Inspección visual de las uniones de la tubería de Polietileno.

Fuente: (AseTUB, 2010)

La unión no debe presentar cortes, ampollas, abrasiones, cicatrices o alguna irregularidad. Si la tubería presenta una irregularidad mayor al 10% de profundidad según el espesor de la tubería será rechazada (ASTM F585). Sin embargo, esta área defectuosa puede ser cortada y fundida de nuevo de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante. Es importante resaltar, que el control de arañazos o cortes debe ser más riguroso para las tuberías que van a trabajar con presiones internas significativas. (EPA 2, 2011)

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para la ejecución de la obra con HDD” (ANEXO G.5). Donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar tratadas en este capítulo.

5.2.7 MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL

Como primera medida, el personal debe mantener una distancia considerable o evitar el contacto con las piezas giratorias de la maquinaria (Ej. las barras de perforación) que evite la ocurrencia de riesgos a el personal de trabajo. Los operarios deben completar

estas recomendaciones con el uso de ropa cerrada y ajustada que evite que se enreden con el equipo cuando esté en funcionamiento. *(FSTT, 2006)*

Como segunda medida, el interventor debe documentar detalladamente todos los fluidos de perforación que se utilizan en la obra, el método de deshidratación, reciclaje y disposición final. Asimismo, las presiones de bombeo para la perforación y circulación del fluido que garanticen la presión hidrostática necesaria que estabilice el túnel. *(Najafi, 2010)*

Es importante que el interventor supervise el tratamiento y la deshidratación que se realiza a los subproductos de este proceso; estableciendo si la disposición final que le da el Contratista a los sólidos finos, arenas y material floculante es la más adecuada. Asimismo, verifica el tratamiento de los líquidos remanentes y vertimiento final según las disposiciones normativas; con el fin de disminuir el impacto ambiental que pueda causar esta actividad.

En tercer lugar, el interventor debe comprobar que no exista presencia de gases inflamables dentro de la excavación, debido a que durante el proceso de termo fusión del tubo y accionamiento de la máquina de motor eléctrico pueden causar accidentes dentro de esta atmósfera potencialmente inflamable. Si se comprueba la presencia de gases inflamables se debe desconectar la máquina de la fuente de energía y operar manualmente para evitar explosiones o incendios. *(ASTM F2620, 2011)*

Finalmente, el interventor debe verificar regularmente, que el túnel de perforación este sellado, para evitar fugas o retornos involuntarios del lodo hacia las zonas aledañas, cuerpos de agua, alcantarillado, o vías cercanas. Si se presenta un derrame involuntario, el contratista debe contener el derrame y limpiar la zona afectada de acuerdo con las disposiciones que se trata en la normatividad local vigente, para estos casos. *(Najafi, 2010)*

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para el control SISOMA con HDD” (ANEXO G.6.). Donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, tratadas en este capítulo.

5.2.8 RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

Principalmente la reconexión de los tramos debe seguir las consideraciones presentadas en el numeral 4.1.2.7 y los lineamientos que se establecen a continuación:

Las conexiones de las domiciliarias laterales y empates con los otros tramos de la tubería antigua, se deben realizar después del tiempo especificado por el fabricante para el

acondicionamiento y enfriamiento del tubo debido a la tracción (se recomienda esperar un mínimo de 4 horas). (IPBA, 2011)

Las conexiones, válvulas y codos deben ser aditamentos aprobados por el fabricante de la tubería e instalados en conformidad con el procedimiento especificado por el mismo, la unión se realiza usualmente con una soldadura por extrusión y recubierta con un epóxico para garantizar su hermeticidad. Para realizar la soldadura primero se limpia la zona que se va a soldar, luego se hace un raspado de una pequeña capa del material y finalmente se rectifican los ángulos de soldadura. La pistola de extrusión manual precalienta las superficies y suministra un cordón de polietileno fundido en el área de unión, previamente preparada. Es importante resaltar que, la soldadura por extrusión no es un sustituto para las fusiones a tope y no deberá de ser usada para unir o reparar tuberías y conexiones que trabajen a presión.

Para garantizar que la tubería antigua se una perfectamente con la tubería nueva en el pozo, se debe dejar un exceso del tubo desde la pared del pozo hasta el extremo final del tubo, esta longitud debe estar acorde con las recomendaciones dadas por el fabricante; asimismo, esta longitud no debe ser menor de 4". (IPBA; 2011)

Con frecuencia, las entradas y salidas de los pozos de inspección se dañan durante la operación de HDD, para reparar el daño se puede usar mortero especial. Para obtener un sellado más confiable entre el pozo y la tubería de PEAD, se puede utilizar un accesorio especial en PVC con terminación en campana. (Najafi, Mohammad, 2010)

Asimismo, la interventoría verifica las siguientes actividades:

- Inspección visual o por CCTV.
- Pruebas hidrostáticas.
- Ensayos de calidad de los materiales.

Seguidamente se hace una ampliación a los puntos anteriormente citados.

5.2.8.1 INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV

El inspector debe solicitar una inspección CCTV posterior a la instalación, para confirmar la condición as-built de la nueva tubería, la inspección debe ser realizada según los parámetros del numeral 4.2.2. Si se encuentran imperfecciones en la pared de la tubería u otras anomalías de instalación, deben quedar documentadas.

Se debe realizar una inspección de seguimiento con CCTV, antes de 30 a 60 días que se finalice la garantía de calidad, de modo que las deficiencias relacionadas con la construcción que no fueron descubiertas anteriormente, puedan ser identificadas y programadas para ser reparadas por el contratista. Cualquier sección de la tubería con un

corte, ampolla, abrasión, cicatriz, u otro defecto perjudicial, mayor al 10% del espesor de la pared no deberá ser utilizado y debe ser retirado del sitio. (IPBA, 2011)

5.2.8.2 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

La interventoría debe verificar que el contratista realice las pruebas de estanqueidad para las tuberías instaladas con el objeto de corregir las infiltraciones o fugas que se presenten. Estas pruebas deberán realizarse una vez se termine de instalar el tramo, sin conexiones domiciliarias, a menos que se efectuó el taponamiento de ellas. Asimismo, el interior del tramo debe estar libre de escombros, sedimentos y residuos provenientes de la instalación u operación de la red. Estas pruebas se realizan bajo los parámetros especificados en la norma NE-012 "Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado". Sin embargo, debido a los tiempos de instalación tan cortos, no se realizan estos ensayos. (Giedelman, Alfonso, 2012)

5.2.8.3 ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Para la tubería de polietileno de alta densidad, el interventor debe verificar que el contratista realice los ensayos en obra destructivos y no destructivos que exige el contrato y el fabricante.

En primera medida, se realiza una inspección visual del cordón de soldadura de acuerdo a las especificaciones de calidad del fabricante (ver numeral Tabla 8), si el contrato lo exige se realiza una inspección más compleja del cordón de soldadura usando ultrasonidos, rayos X, radiografía, termografía, reflexión holográfica o ensayos de alta frecuencia eléctrica, con el fin de detectar defectos, como desalineación, contaminación partes sin unir etc.; todas estas pruebas son consideradas no destructivas. Para las pruebas destructivas realizadas en campo deben ser realizadas según las recomendaciones hechas por el fabricante. Usualmente se realiza un ensayo de doblamiento manual del tubo, para ello se corta un probeta y se dobla a 180°, antes o después del ensayo no deben aparecer fisuras, poros ni cavidades en la unión, ni en el cordón interior, ni en el exterior.

En segunda medida las pruebas que se realizan para comprobar las propiedades físicas de la tubería, se realizan en un laboratorio certificado que efectúe los ensayos basados en la norma ISO 13953 para las uniones. Asimismo se debe realizar los ensayos de resistencia a la tracción, ensayo de curvatura, resistencia a la presión interior y fluencia. Todos estos ensayos son realizados por parte del fabricante; por tal motivo, el interventor debe verificar que el contratista cuente con los certificados respectivos que demuestren que fueron realizadas estas pruebas a las tuberías. (Giedelman, Alfonso, 2012)

5.2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

En este numeral se recopilan todas las exigencias mínimas que define el contratante desde la planeación del proyecto y que la interventoría verifica a lo largo de la implementación del mismo. El interventor debe asegurar que el contratista cumpla en primera instancia con lo estipulado en el contrato de obra, y en segunda instancia, con la normatividad nacional e internacional aplicable a las obras que emplean el método HDD. Estos criterios de aceptación se presentan en la Tabla 9.

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Tubería	La tubería no debe presentar cortes, ampollas, abrasiones, cicatrices o alguna irregularidad. Si la tubería presenta una irregularidad mayor al 10% de profundidad según el espesor de la tubería, el tramo afectado debe ser cortado de lo contrario la tubería será rechazada.	ASTM F585
Dimensiones	Las características del tubo como el diámetro, espesor, longitud, material etc. deben cumplir con lo contratado de lo contrario será rechazado	Najafi
Tubería ovalada	La diferencia en la vertical y la horizontal de las dimensiones del diámetro de la tubería nueva no debe exceder de 2%. De lo contrario será rechazada	Najafi
Soldadura de tubos	No debe presentarse cortes, ampollas, abrasiones, cicatrices o alguna irregularidad, que afecte la soldadura.	Ver Tabla 8
Uniones del tubo con acometidas, pozos, etc.	Se debe realizar la unión con una soldadura por extrusión y terminada con un epóxico apropiado. Asimismo todos los aditamentos y accesorios deben ser termo fundidos según el manual de procedimientos del fabricante.	Manual del fabricante de tubería.
Ensayos de resistencia del material	Debe cumplir con los parámetros descritos en la normatividad relacionada con la calidad de la tubería de polietileno.	ISO 13953
Pruebas hidrostáticas	Debe cumplir con las pruebas de estanqueidad según la normatividad local, cuando se presenten discrepancias se deben evaluar los métodos para corregir estos defectos y aplicarlos a satisfacción del contratante.	EAAB, NS-012
Radio de curvatura del túnel piloto	El interventor debe asegurar que la trayectoria de perforación no presente un radio de curvatura menor al mínimo recomendado. Si un radio aparentemente es demasiado pequeño, el tramo de la perforación piloto no debe ser aceptado y el contratista debe perforar de nuevo el mismo tramo.	Najafi
Desviaciones	Las desviaciones normalmente deben estar entre ± 18 cm de la ruta propuesta tanto horizontal como vertical.	Najafi

Tabla 9. Criterios de aceptación HDD.

5.2.10 RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Luego de finalizar con la etapa de construcción el contratista deberá restaurar todas las áreas aledañas afectadas, a su condición original según las especificaciones del contrato. (Ver numeral 4.2.4.)

CAPÍTULO 6

INTERVENTORÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE REDES SIN ZANJA DE ALCANTARILLADO (CIPP)

6 INTERVENTORÍA PARA LA REHABILITACIÓN SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO

A medida que alcantarillados se hacen más antiguos y crece la población urbana, aumenta la importancia de renovar los sistemas de recolección de aguas residuales existentes. Debido a la aparición gradual de grietas, hundimientos, colapsos, raíces y otras alteraciones que deterioran las tuberías y las estructuras de conducción que conforman la red de alcantarillado. Estas condiciones de deterioro pueden incrementar la cantidad de infiltración y obstrucciones que ingresan al sistema, especialmente durante los períodos de lluvia. Si la combinación del agua residual, la infiltración, la obstrucción del tubo y las conexiones ilegales se juntan en un solo evento, pueden causar que la red sobrepase su capacidad; produciendo desbordes y contaminación, que afecta gravemente la salud humana.

Según la norma técnica del EAAB NS-058 “Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado” establece dos tipos de deterioro en la tubería, el primero es defectos estructurales y el segundo defectos operacionales.

- Defecto estructural: comprende daños como, la deflexión o deformación de la tubería, fisuras, grietas, fracturas, roturas o colapsos, material de sellado de juntas, juntas desplazadas y daños superficiales (causada por medios químicos o mecánicos)
- Defecto operacional: comprende afectaciones debidas a, obstrucciones por conexiones, raíces, depósitos, sedimentos, ingreso de suelo, infiltración y otros obstáculos.

Dados los criterios, la norma clasifica el deterioro del tramo en cinco grados de afectación, para catalogar el grado de deterioro a cada defecto encontrado se le asigna un puntaje numérico, la sumatoria de estos defectos observados en la línea darán un estimado de las condiciones generales del tramo, tal y como se especifica en la siguiente tabla:

**GRADOS DE
DETERIORO
(NS-058)**

GRADO 1. No se encontraron defectos o los pequeños defectos encontrados no son importantes para la estabilidad estructural del sistema.

Se recomienda realizar nuevas inspecciones en un plazo de 3 a 5 años, para verificar el estado estructural e hidráulico.

GRADO 2. Los defectos encontrados presentan una mayor importancia, pero no comprometen la estabilidad de la red a corto plazo.

Se recomienda realizar nuevas inspecciones en un plazo de 2 a 3 años, para verificar el estado estructural e hidráulico.

GRADO 3. Los defectos encontrados pueden generar problemas de tipo estructural e hidráulico: se deben tomar acciones correctivas y/o preventivas con el fin de minimizar la probabilidad de falla.

Se recomienda realizar nuevas inspecciones y verificar las fallas más importantes en un plazo de 1 a 3 años, para verificar que la probabilidad de colapso no ha aumentado. Se deben realizar reparaciones puntuales de acuerdo con los defectos encontrados.

GRADO 4. Los defectos encontrados son de gran importancia y pueden generar problemas de tipo estructural e hidráulico.

Se deben tomar medidas preventivas y/o correctivas con el fin de evitar colapso puntual o generalizado.

GRADO 5. La tubería está colapsada o a punto de colapsar.

Se deben tomar medidas de emergencia y ejecutar los saneamientos y la rehabilitación necesaria, de inmediato según el caso, para evitar daños adicionales y poner en funcionamiento normal el sistema.

Tabla 10. Grados de deterioro, según norma técnica NS-058.

Fuente: (NS-058, 2001)

La rehabilitación es una de las principales ramas de las tecnologías sin zanja, debido a la amplia red de servicios pre-existentes que aún mantienen su estabilidad estructural pero posee un alto grado de deterioro que no permite su correcto funcionamiento. La rehabilitación es una solución alternativa para prolongar la vida útil de la red, puede ser una rehabilitación completa o puntual de la tubería; una de las principales ventajas de esta técnica es la reducción del coeficiente de fricción al interior de la tubería, la cual a su vez, mejora la capacidad de la red sin necesidad de aumentar el diámetro. Esta técnica es ampliamente usada para rehabilitar diámetros pequeños, por su competitividad económica frente o tras soluciones.

En lo que se refiere a nuestro país, se estima que para la ciudad de Bogotá, el 78 % de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial superan los 50 años de edad y en su mayoría presentan un alto grado de deterioro, debido a los altos costos que implica la instalación de tubería nueva para toda la ciudad, la rehabilitación y reemplazo de tubería se convierten en la solución económica más favorable. (Penagos, Juan Carlos, EAAB 2012).

Entre estas metodologías, existe una gran variedad de tecnologías sin zanja que se aplican en Colombia actualmente, algunas han tenido mayor penetración en el campo de la construcción que otras, atendiendo a estas consideraciones, en el presente trabajo de grado se desarrollan las más utilizadas en rehabilitación de tuberías en Bogotá, entre ellas se destacan:

- CURED IN PLACE PIPE (CIPP) (Tubería Curada En Sitio)
- CIPP PUNTUAL

El presente capítulo se explica detalladamente la función de la interventoría técnica en la rehabilitación de alcantarillados con tecnologías sin zanja, especialmente para los casos de CIPP con inversión y curado con aire; e inversión y curado con agua. Asimismo se establecerá las condiciones para la interventoría con CIPP puntual.

6.1 CIPP (CURED IN PLACE PIPE)

Es uno de los principales métodos de reemplazo y rehabilitación de tuberías. Esta técnica utiliza la inserción de una membrana flexible compuesta por dos capas de fieltro en fibras de poliéster, que se encuentra recubierta por una película impermeable de polietileno (PE) o de poliuretano (PU); esta manga en forma de tubo es saturada con una resina termo-fraguante, y posteriormente insertada dentro de la tubería afectada. Su naturaleza elástica permite que se adapte a las formas internas de la tubería, facilitando el revestimiento del conducto; después de ser curada la felpa, la tubería nueva no presentara costuras, ni uniones y el coeficiente interno de fricción será mucho más bajo, mejorando la capacidad de flujo a pesar de la reducción del diámetro. Este método es capaz de intervenir tuberías de 4 a 110". (*Gutiérrez, Juan Carlos 2006*) El proceso constructivo de CIPP, se amplía en el "ANEXO D. Procedimiento rehabilitación CIPP".

Existe una variación de CIPP, denominado CIPP Puntual que funciona igual que el CIPP pero con algunas modificaciones. El proceso constructivo de CIPP Puntual, se amplía en el "ANEXO E. Procedimiento rehabilitación CIPP Puntual".

6.1.1 CUADRO NORMATIVO

Las principales herramientas que posee la interventoría para exigir el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el contratista son: el contrato de obra y la normatividad (nacionales e internacionales). Para tal fin, todas las normas utilizadas, deben ser las últimas publicadas por la entidad correspondiente; a menos, que el contrato indique lo contrario.

Actualmente en Colombia el proceso de instalación para CIPP no se encuentra normalizado, igualmente, no existe una norma para el diseño y ensayo de la tubería que se usa en el proceso de rehabilitación. (*Pérez, Mario, Pavco 2012*) Sin embargo, a nivel mundial el proceso de instalación, diseño y ensayo de tubería para el método CIPP se encuentra normalizado primordialmente por ASTM, DIN, BS o ISO. Las normas

principales para la rehabilitación de tubería con “liner” utilizando el método CIPP se encuentran en la Tabla 11.

NACIONALES	
INVIAS	PMT (Planes de Manejo del Tránsito).
NE-012 (EAAB)	Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado.
NP-106 (EAAB)	Tapones para obturación, manejo de aguas y verificación de estanqueidad en redes de alcantarillado.
NS-058 (EAAB)	Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-061 (EAAB)	Aspectos técnicos para la rehabilitación de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-111 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados.
NS-114 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado.
EM-606 (EAAB)	Manejo de aguas para actividades de inspección, mantenimiento y rehabilitación de sistemas de alcantarillado.
NP-106 (EAAB)	Tapones para obturación, manejo de aguas y verificación de estanqueidad en redes de alcantarillado.
RAS 2000	(Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Sección II-Título D “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales”.
Otros	Normas Nacionales aplicables a este tipo de proyectos y normas del fabricante para la instalación, transporte, carga, descarga y almacenamiento de sus productos.
INTERNACIONALES	
ASTM D543	Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents.
ASTM D790	Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. (Para ensayos de módulo de elasticidad y ensayo de flexión).
ASTM D903	Test Method for Peel on Stripping Strength of Adhesive Bonds.
ASTM D2122	Standard Test Method for Determining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings
ASTM D2990	Test Methods for Tensile, Compressive, and Flexural Creep and Creep-Rupture of Plastics
ASTM D5813	Cured-in-Place Thermosetting Resin Sewer Pipe.
ASTM E797	Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.
ASTM F1216	Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube.

ASTM F1743	Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP).
ASTM F2599	Standard Practice for The Sectional Repair of Damaged Pipe By Means of An Inverted Cured-In-Place Liner.
BS EN 13566-4	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks - Part 4: Lining with cured-in-place pipes.
DIN EN 13566-4	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks - Part 4: Lining with cured-in-place pipes.
ISO 11296-4	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks - Part 4: Lining with cured-in-place pipes.
DIN EN/ ISO 178	Plastics – Determination of flexural properties.

Tabla 11. Cuadro normativo CIPP.

6.1.2 DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA

Estos aspectos corresponden a las actividades con las cuales se inicia el proceso de construcción y tienen como fin preparar el terreno donde se va a realizar la rehabilitación. Las actividades generales que verifica la interventoría se encuentra consignados en el numeral 4.1.2.1, y los requerimientos específicos para CIPP y CIPP Puntual presentados en la “lista de verificación de requisitos previos al inicio de la obra” que se encuentran en el ANEXO G.7 y ANEXO G.10 respectivamente.

6.1.3 INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS

Los equipos y herramienta usualmente utilizados para la rehabilitación, mediante el uso de la metodología CIPP son; entre otras:

- Caldera.
- Equipos de rodillos para la impregnación.
- Camión de refrigeración de la manga.
- CCTV.
- Medidores de presión y temperatura.
- Bombas de succión.
- Cortadoras manuales.

Para el manejo de los equipos nombrados, es necesario que el contratista certifique la experiencia y entrenamiento del personal, de acuerdo con los requerimientos propios de CIPP; en el ANEXO G.19 y en el ANEXO G.20 se encuentra el perfil completo que debe poseer el operario que maneje la maquinaria para esta tecnología.

6.1.4 POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

En la gran mayoría de los casos, el proceso CIPP se aplica empleando los accesos existentes, tales como pozos de registro, pozos de inspección, pozos de acceso, etc. De esta manera se evita realizar excavaciones o interferir con las actividades aledañas a las obras. (O-tek, 2012) Sin embargo, de ser necesario se realiza la excavación de un pozo de entrada para la manga. El interventor debe verificar la estabilidad estructural de las construcciones temporales que se requieran realizar para el ingreso de la manga.

6.1.5 DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO

Para esta fase, el interventor verifica la forma en la que se realiza la desviación y regulación temporal de los efluentes presentes en la red y el sitio donde se efectúa la disposición final de los mismos.

Previamente el contratista presenta un informe detallado a la interventoría, donde se especifique como mínimo los siguientes temas:

- Permisos necesarios para realizar el desvío expedidos por el acueducto.
- Potencia y cantidad de bombas que van a ser utilizadas.
- Hora de la instalación y hora probable de remoción del bypass.
- Puntos que van a ser bloqueados dentro de la red y lugares destinados para el vertido de los efluentes.
- Enumeración de los tramos que tendrán los líquidos efluentes derivados.

Es importante considerar que el servicio de bypass deber ser calculado de modo que impida la inundación de la caja o pozo de registro, ubicado aguas arriba del tramo intervenido. Asimismo, se debe tener un cuidado especial cuando se presenten desbordamientos en el bypass que generen reflujos de los efluentes, llegando a perjudicar los inmuebles conectados a la red. (Para ampliar el tema sobre los desvíos del flujo en el alcantarillado se recomienda revisar las actividades especificadas en el numeral 4.1.2.4.)

6.1.6 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Como primera medida, el interventor debe verificar que el contratista realice una limpieza inicial al tramo, que garantice la completa adherencia de la manga a la tubería huésped y la remoción completa de sedimentos, raíces, basuras, tuberías incrustadas etc. Después de esta labor, la interventoría debe exigir la realización de una inspección previa con

CCTV al conducto; con el fin de realizar las comparaciones pertinentes al final del procedimiento y ubicar la posición de las acometidas que ingresan a la red.

Aparte de las actividades nombradas anteriormente, el interventor realizará la verificación de los siguientes puntos:

- La resina y la impregnación de la manga.
- Pre-Liner.
- Presiones.
- Lubricante.
- Proceso de curado.
- Unión de la tubería con el pozo de inspección.

A continuación se amplía cada numeral.

6.1.6.1 IMPREGNACIÓN DE LA MANGA

La interventoría debe verificar que la felpa sea compatible con la resina y no presente daños superficiales que afecten la integridad del producto; además, el interventor debe asegurar que luego de la impregnación, la felpa contenga un 97% de resina antes de la instalación, cuando no sea posible cumplir con este requerimiento es recomendable rechazar el tubo. Dado que, es necesario contar con una buena dosificación de la resina para que alcance la resistencia esperada; sin embargo, es importante no excederse en la dosificación para no causar una polimerización del material. (EPA, 2011)

También, la interventoría deberá inspeccionar que el contratista cumpla con el pot-life que tiene la resina (definido por el fabricante), que permita un tiempo considerable de manejo de la manga y no se active antes de ser instalado. Si se presenta una reacción exotérmica prematura considerable, el material deberá ser rechazado. (EPA, 2011)

6.1.6.2 PRE-LINER

Cuando el segmento de red presenta niveles altos de infiltración freática, la empresa contratada debe utilizar un revestimiento preliminar para aislar la resina del contacto con el agua (para tuberías con resinas de poliéster, las resinas epóxicas se ven afectadas por esta situación). Lo anterior debido a que, el agua puede remover los componentes químicos presentes en la resina o en los catalizadores, comprometiendo la calidad final del revestimiento. Para este revestimiento, se puede emplear un tubo confeccionado por una película de polietileno u otro material resistente a los productos químicos presentes en la resina y en sus catalizadores. Esta película se denomina “pre-liner” y debe introducirse a lo largo de todo el tramo que va a ser recuperado. (O-tek, 2012)

Cuando no se garantice el completo confinamiento de la tubería que se va a rehabilitar es necesario utilizar un pre-liner a lo largo del tubo que permita una mejor adherencia del revestimiento.

6.1.6.3 PRESIONES REQUERIDAS

Antes de realizar la inversión, se deben revisar los límites de instalación proporcionados por el fabricante del material, donde se establezca la presión mínima requerida para mantener el tubo apretado contra el conducto existente, y la presión máxima admisible para no dañar la manga. Una vez iniciado el procedimiento, la presión se mantendrá entre las presiones mínima y máxima hasta que la inversión se complete. Si la presión se desvía dentro de la gama de las presiones mínimas y máximas, el tubo instalado deberá ser retirado del conducto existente. (*ASTM F1216, 2003*)

Si las presiones se desvían más de 2.3 pies de agua (1 psi) a partir de la presión deseada, el tubo instalado deberá ser retirado del conducto existente. Si es requerido por el propietario, se deberá llevar un registro continuo de la presión durante el curado. (*ASTM F1216, 2003*)

En el caso de inversión por cabeza de agua, es necesario garantizar que la presión¹³ proporcionada por la cabeza de agua, permita que la punta de la manga se desplace a lo largo del tubo sin producir arrugas en la felpa. Al no tener en cuenta la altura necesaria para propulsar la inversión y superar la resistencia a la fricción, puede ocasionar que la manga no logre desplazarse completamente permitiendo que el agua se fije en la arrugas y no se logre el contacto de la felpa y el tubo huésped. En los tubos de mayor diámetro, esto puede resultar en una variación significativa en el espesor final del CIPP alrededor de la circunferencia del tubo. (*EPA, 2011*)

6.1.6.4 LUBRICANTE

Se recomienda el uso de un lubricante durante la inversión, por la fricción generada durante la inversión en la capa exterior impermeable. Este lubricante debe ser vertido en el agua de la tubería (para tuberías a presión) o se aplica directamente al tubo. El lubricante utilizado no debe ser tóxico, debe ser biodegradable, basado en aceite y que no produzca efectos perjudiciales sobre el tubo, la caldera o el sistema de bombeo; además, debe evitar el crecimiento de bacterias. (*ASTM F1216, 2003*)

¹³ La altura de la cabeza de agua se ha desarrollado empíricamente por los fabricantes de tubos.

6.1.6.5 CURADO

Para realizar el curado se debe tener en cuenta: el material de la tubería existente, los requerimientos de la resina, y las condiciones del terreno (temperatura, nivel de humedad, y la conductividad térmica del terreno). El interventor deberá tener un registro de todas las presiones y temperaturas desde el momento que se inicia el curado hasta que se realiza el corte de la manga, para asegurar la calidad de la instalación según los límites definidos por el fabricante. Dependiendo del tipo de curado (por agua o aire), el interventor supervisará las actividades que se consignan a continuación.

6.1.6.5.1 CURADO POR AIRE

Para el curado con aire se debe contar con una caldera capaz de entregar vapor a través de la sección, elevando de manera uniforme la temperatura dentro de la tubería por encima de la temperatura requerida para efectuar el curado. La temperatura aplicada en el conducto durante el período de curado debe estar entre los rangos recomendados por el fabricante. Además, la caldera debe estar equipada con los monitores de control adecuados que permitan la calibración de la temperatura dentro del conducto. Aparte del monitor de control, es necesario que el contratista coloque un segundo medidor de temperatura entre el tubo huésped y el tubo invertido, tanto a la entrada como a la salida del conducto con el fin de registrar las temperaturas de curado. (*ASTM F1216, 2003*)

Después que se alcance el curado inicial, la temperatura se debe elevar para realizar el post-curado recomendado por el fabricante de la resina, tiempo durante el cual se controla la distribución de la presión y la temperatura del vapor. (*ASTM F1216, 2003*)

6.1.6.5.2 CURADO POR AGUA

La caldera debe estar equipada con los monitores adecuados para calibrar la temperatura de la entrada y salida del suministro de agua (Punto 1, Foto 3). Además, se debe colocar otro medidor de temperatura entre el tubo impregnado y el tubo invertido, tanto a la entrada como a la salida del conducto, con el fin de registrar las temperaturas de curado (Punto 2, Foto 3); dado que, las temperaturas dentro del tubo se distribuyen de manera diferente. Después que se alcance el curado inicial, la temperatura se debe elevar para realizar el post-curado. La temperatura de post-curado se mantiene durante el período recomendado por el fabricante de la resina, y en esta etapa se recircula y se controla el agua por la caldera. (*ASTM F1216, 2003*)

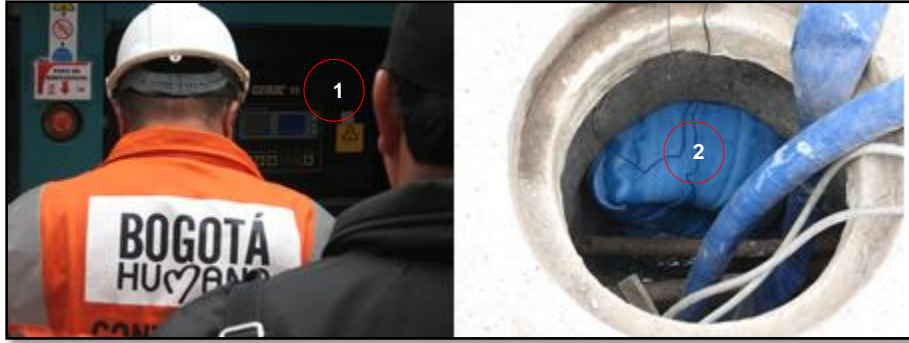


Foto 3. Medidores de temperatura para CIPP.

Fuente: (Visita obra CIPP Otek, 2012)

6.1.6.6 UNIÓN DE LA TUBERÍA CON EL POZO DE INSPECCIÓN

Cundo se termina de realizar el curado se realiza la apertura del conducto y la unión con el pozo; existen casos donde la manga no queda completamente ajustada a las paredes de la boca del tubo, permitiendo que el agua se infiltre en este espacio anular.



Foto 4. Unión de la tubería con el pozo de inspección.

Fuete: (http://depts.clackamas.cc.or.us/wet/documents/Cured-in-PlacePipeBasicsandDesign_001.pdf)

Para garantizar la hermeticidad de la boca del tubo entre la tubería huésped y el Liner se puede realizar un cubrimiento con un sello hidrófilo que garantice la hermeticidad de la unión (Foto 4). De lo contrario se utiliza un accesorio denominado “End-liner-seal” o Sello Final del Liner (Imagen 4.A), comúnmente utilizado en tuberías a presión; consiste en una banda de caucho que se comprime contra la transición del tubo huésped y la manga del CIPP, creando un sello hermético, mecánico y permanente. Para la instalación de este accesorio se cortan aproximadamente 15 cm de la manga desde el final del tubo hacia el

interior, luego se ubica el accesorio y se expande usando una herramienta de expansión hidráulica (Imagen 4.B). Este accesorio asegura una reducción mínima del diámetro.

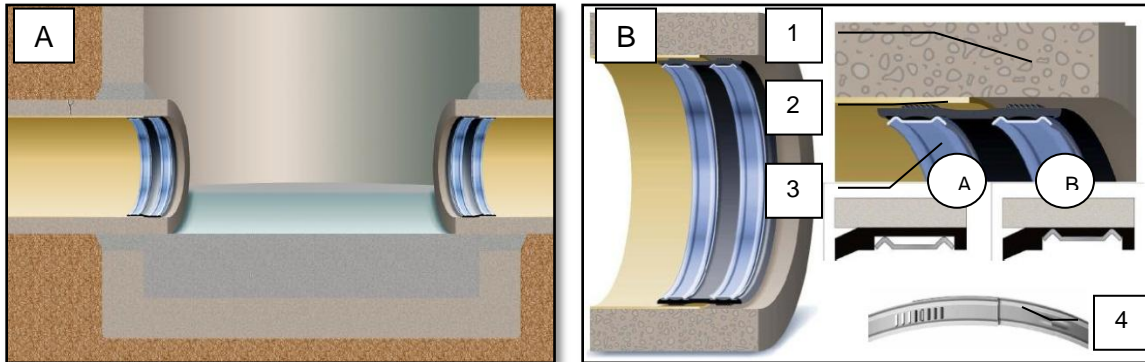


Imagen 4. Accesorio “End-liner-seal”.

Punto 1. Tubería huésped. Punto 2. Liner. Punto 3. Accesorio End-liner-seal. Punto 4. Anillos de expansión de acero inoxidable. Punto A. Accesorio antes de expandirse. Punto B. Accesorio después de expandirse.

Fuente: (<http://www.trelleborg.com/en/Epros/Product-Range/DrainLinerEndSeal/>)

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para la ejecución de la obra con CIPP” (ANEXO G.8.), donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, ya tratadas en este capítulo. Para el caso de CIPP puntual, se consignan estos aspectos en la “lista de verificación para la ejecución de la obra con CIPP puntual” (ANEXO G.11.).

6.1.7 MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL

En primera instancia, el interventor verifica que el contratista cumpla con las normas definidas para la entrada de personas en espacios confinados.

Como segunda medida, la interventoría verifica que la empresa cuente con un manual para el manejo de químicos, con el fin de almacenar y refrigerar apropiadamente la resina; de igual forma, la mezcla debe estar bajo la vigilancia de un ingeniero calificado. Es importante que el contratista siga las recomendaciones hechas por el fabricante de la resina, sobre todo aquellos referentes a la contaminación de ambientes confinados por solventes volátiles presentes en la composición de la resina. (O-tek, 2012)

Igualmente el interventor supervisa el corte para la apertura del tubo curado para evitar la contracción del Liner por un cambio brusco de temperatura; la retracción termina es más frecuente en las resinas de poliéster aprox. un 10% de su diámetro, en el caso de las

resinas epóxicas el porcentaje es alrededor del 2%. (Pérez, Mario, Pavco 2012) presentándose los siguientes escenarios:

- Para realizar el corte del conducto después de ser curado con aire, es necesario que la temperatura interna en la tubería descienda hasta los 45°C (113°F). Para enfriar la tubería se abre un pequeño orificio aguas abajo del tubo curado, con el fin de drenar el agua; además, se introduce agua fría en la línea de protección para remplazar la mezcla de aire y vapor de agua. Se deben tomar ciertas precauciones al liberar la presión de aire evitando que se generen vacíos que afecten la tubería recién instalada, debido a una contracción térmica brusca. (*ASTM F1216, 2003*)
- Por otro lado, para realizar el corte del conducto después de ser curado con agua, es necesario que la tubería se enfríe a una temperatura de 38°C (100°F). Para enfriar la tubería se abre un pequeño orificio aguas abajo del tubo curado, con el fin de drenar el agua; además, se introduce agua fría en la línea de protección para remplazar el agua caliente. Se deben tomar ciertas precauciones al liberar la cabeza estática de agua, evitando que se generen vacíos que afecten la tubería recién instalada, debido a una contracción térmica brusca. (*ASTM F1216, 2003*)

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para el control SISOMA con CIPP y CIPP Puntual” (ANEXO G.9 y ANEXO G.12 respectivamente), donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, tratadas en este capítulo.

6.1.8 RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

Después de curada la tubería, se debe restablecer el servicio de las conexiones existentes. Generalmente se realiza sin excavación, desde el interior de la tubería y son abiertas por un operario cuando las dimensiones del tubo lo permitan. Para tuberías de diámetro reducido, la reconexión se realiza desde el interior de la tubería por un equipo de corte a control remoto, que cuente con un dispositivo de CCTV y se opere por una persona entrenada en el manejo de estos equipos (Imagen 5). Las conexiones domiciliarias se restablecerán por lo menos en un 90% del área original del tubo que entra al conducto principal (*ASTM F1743, 2008*). Para complementar estas actividades se recomienda consultar el numeral 4.1.2.7.

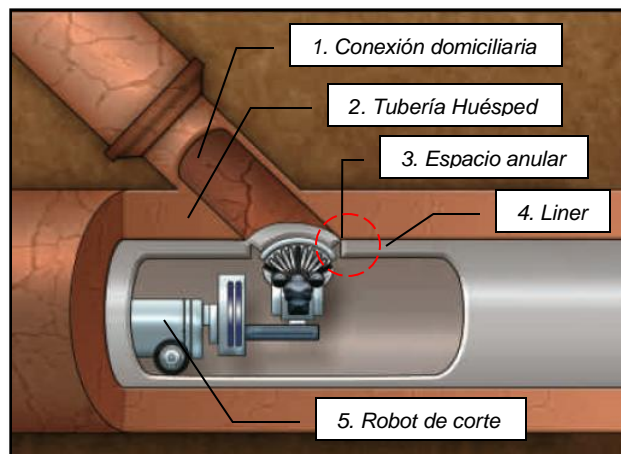


Imagen 5. Reapertura de las tuberías laterales.

Fuente: (http://depts.clackamas.cc.or.us/wet/documents/Cured-in-PlacePipeBasicsandDesign_001.pdf)

Luego de ser reabiertas las conexiones domiciliarias, existe la posibilidad que el espacio anular resultante entre el tubo y la domiciliaria (Imagen 4, Punto 3) permita en un futuro la infiltración y el ingreso de raíces nuevamente a la red. Dada esta problemática, existen accesorios que pueden utilizarse (si el contrato lo establece), para garantizar la hermeticidad entre la tubería rehabilitada y las conexiones laterales; en el mercado se encuentran dos accesorios denominados comúnmente como “Top Hat” (Imagen 6.A) y “T-Liner” (Imagen 4.B). Estos están compuestos de una felpa que se impregna con resina epóxica y se fabrican según las condiciones del tubo en ángulos de 45° y 90°. Este CIPP lateral, se impregna antes de ingresar a la tubería, luego se posiciona mediante un equipo móvil de inflado que lo sitúa enfrente de la conexión domiciliaria; después de ello, el equipo se infla y desenvuelve la manga ajustándolo a las paredes del tubo y la conexión domiciliaria. Finalmente se cura y se inspecciona con CCTV para verificar su acabado final.

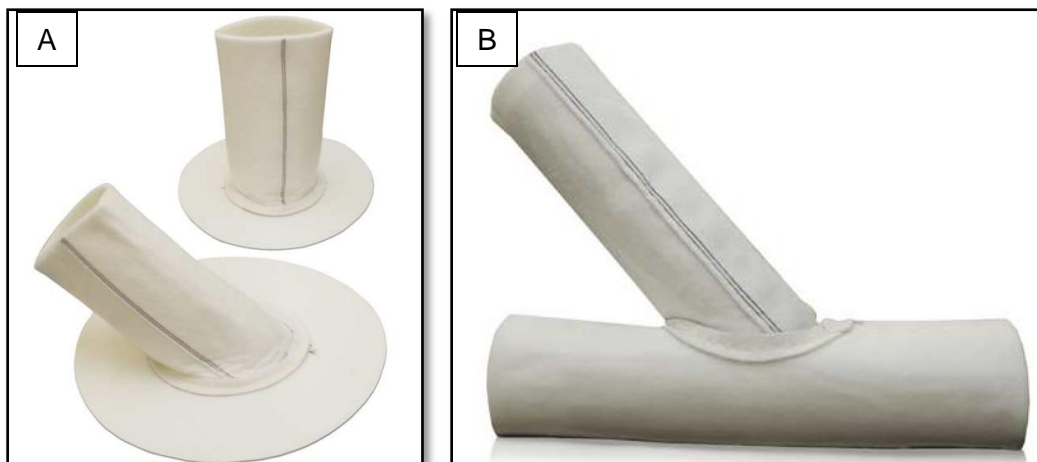


Imagen 6. Accesorio “Top Hat” y “T-Liner”

Fuente: (<http://www.gr-ag.de/en/soltaliner/profiles.html>)

Luego de realizar la reconexión, el interventor debe verificar las siguientes actividades finales:

- Inspección visual o por CCTV.
- Pruebas hidrostáticas.
- Ensayos de calidad de los materiales.

A continuación, se hace una ampliación a los puntos anteriormente citados.

6.1.8.1 INSPECCIÓN VISUAL O POR CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)

Se puede inspeccionar el conducto visualmente o por CCTV si la inspección visual no se puede realizar. La inspección por CCTV debe confirmar la condición as-built de la nueva tubería, esta debe realizarse según los parámetros del numeral 4.1.2.7. Si se encuentran imperfecciones en la pared de la tubería u otras anomalías de instalación, deben quedar documentadas. Entre los objetivos que se deben identificar están:

- Verificar que la manga se encuentre completamente ajustada a los extremos y a las conexiones laterales.
- Verificar que la manga no presente fugas o infiltraciones.
- Verificar que la manga no presente elevaciones.
- Verificar que la manga posea una apariencia uniforme sin "manchas secas" producto de una mala impregnación.
- Verificar que las aletas o las arrugas están dentro de los estándares de la industria.

- Verificar que las conexiones domiciliarias estén completamente abiertas.

Se debe realizar una inspección de seguimiento con CCTV, antes de 30 a 60 días que se finalice la garantía de calidad, de modo que las deficiencias relacionadas con la construcción que no fueron descubiertas anteriormente, puedan identificarse y programarse para reparación por el contratista. (IPBA, 2011)

El tubo terminado debe ser continuo en toda su longitud, debe estar seco, libre de manchas, elevaciones y delaminaciones¹⁴ del material. Si estas condiciones están presentes, se debe retirar y sustituir el material en estos puntos. Además, si el CIPP no se ajusta bien contra el tubo huésped en su punto de terminación aguas arriba o aguas abajo, el espacio anular debe sellarse y llenarse con una mezcla de resina compatible con el CIPP. (ASTM F1216, 2003)

6.1.8.2 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

Dentro de las pruebas hidrostáticas que se realizan para la manga instalada se encuentran: (ASTM F1216, 2003)

- Pruebas de exfiltración.
- Pruebas de infiltración.

A continuación se amplía cada una de estas pruebas.

6.1.8.2.1 PRUEBAS DE EXFILTRACIÓN PARA TUBERÍAS POR GRAVEDAD

Se debe realizar el ensayo de exfiltración para tuberías por gravedad, solo si, es requerido por el contratista, contrato u orden de compra. Para realizar esta prueba se debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Este ensayo solo se realiza para tuberías sin servicio laterales y diámetros menores a 36 pulgadas.
- La tubería debe enfriarse a temperatura ambiente para realizar la prueba.
- Se debe cerrar el conducto por ambos extremos y llenar con agua.
- Realizar la purga del aire en el conducto.
- El agua admisible de exfiltración para cualquier longitud de la tubería entre los puntos de terminación no debe exceder los 50 gpd/pulgada/milla.

¹⁴ Es un modo de falla propio de los materiales laminados. Es producido principalmente por la mala aplicación de la resina, generando que las capas de la manga se separen al no alcanzar la resistencia esperada, creando un mecanismo de falla en el material.

- La presión interna máxima de la tubería en el extremo inferior no debe exceder los 10 pies (3,0 m) de agua o 4,3 psi (29,7 kPa).
- Por último el nivel de agua debe estar a 2 pies (0,6 m) por encima de la parte superior de la tubería (al interior de la línea de protección) o 2 pies más alto que el nivel del agua subterránea (se escoge el mayor valor).
- La prueba debe realizarse durante un mínimo de una hora.

6.1.8.2.2 PRUEBAS DE INFILTRACIÓN PARA TUBERÍAS

Se debe realizar las pruebas de infiltración para tuberías, solo si, es requerido por el contratista, contrato u orden de compra. La prueba se realiza con presión hidrostática y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- La tubería debe enfriarse a temperatura ambiente para realizar la prueba.
- Realizar la purga del aire en el conducto.
- La presión recomendada puede ser el doble de la presión conocida de trabajo o la presión de trabajo más 50 psi. (Se escoge el menor valor).
- Se debe mantener esta presión durante un periodo de dos a tres horas para permitir la estabilización del CIPP. Luego de este periodo se realiza la prueba por un mínimo de una hora.
- La infiltración admisible durante la prueba de presión debe ser de 20 galones por pulgada de diámetro interno de la tubería por milla por día.

6.1.8.3 ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Las pruebas realizadas tienen como objetivo demostrar que el material cumple con la rigidez pactada en el contrato.

Los ensayos en Colombia no están normalizados para este tipo de material, la única prueba que se hace es actualmente es el BENDING (falla a tres luces) bajo la norma DIN. Los otros ensayos sugeridos por la norma DIN no se realizan, pero al ser sistemas totalmente certificados (incluyen criterios de instalación, métodos de curado y curva de curado) garantizando el cumplimiento del mismo. (Pérez, Mario, Pavco 2012)

Existen varios ensayos para certificar la calidad del material instalado según la norma ASTM F1216 en la cual se recomienda que por cada inversión realizada, siguiendo las especificaciones del contrato, la orden de compra o el contratante, se deben preparar dos muestras del CIPP realizado.

Cada muestra deberá ser realizada de acuerdo a cada uno de los dos siguientes métodos:

- a) **Muestra Tipo I:** La muestra debe cortarse de una sección de la manga, ya sea en el pozo de registro intermedio (si existe) o en el punto de terminación del conducto aguas arriba de la línea de protección, que conserve el mismo diámetro de toda la tubería. (Foto 5)



Foto 5. Extracción de muestra CIPP.

Fuente: *(Visita obra CIPP Otek, 2012)*

- b) **Muestra Tipo II:** La segunda muestra debe fabricarse con el mismo material que se usará para la inversión y la misma proporción resina/catalizador usada para el curado, se debe colocar en un molde con pinzas (Foto 6) y colocada al interior de la tubería invertida cuando empiece a circular el agua caliente cuando se cure con agua, y para el caso del curado con aire se coloca en la caldera.



Foto 6. Muestra elaborada en un molde.

Fuente: *(Visita obra CIPP Otek, 2012)*

Las muestras para cada uno de estos casos deben ser lo suficientemente grandes para proporcionar un mínimo de tres muestras o cinco muestras (recomendado), para las

pruebas de flexión y el ensayo de tracción (si es aplicable) según las recomendaciones de la norma ASTM D 790. A cada muestra se le deben realizar los siguientes ensayos:

- Short-term flexural (bending).
- Resistencia a la tracción.
- Prueba delaminación.
- Pruebas de resistencia química.
- Espesor de pared CIPP.

6.1.8.3.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y MODULO DE ELASTICIDAD (BENDING)

Se debe medir la tangente inicial del módulo de flexión de elasticidad y el módulo de tensión de acuerdo con la norma ASTM D 790 para tuberías de gravedad y de presión, además debe cumplir con los requisitos de la Tabla 12.

Property	Test Method	Minimum Value	
		psi	(MPa)
Flexural strength	D 790	4 500	(31)
Flexural modulus	D 790	250 000	(1 724)
Tensile strength (for pressure pipes only)	D 638	3 000	(21)

^AThe values in Table 1 are for field inspection. The purchaser should consult the manufacturer for the long-term structural properties.

Tabla 12. Propiedades estructurales CIPP.

Fuente: (ASTM F1216, 2003)



Foto 7. Ensayo Bending.

Fuente: (IKT, 2007)

6.1.8.3.2 PRUEBA DELAMINACIÓN

Se deben realizar los ensayos de delaminación, solo si, es requerido por el contratista, contrato u orden de compra. Las muestras deben prepararse según el numeral 6.1.8.3.b, excepto que una parte de la muestra debería estar seca y aislada de la resina con el fin de separar las capas del tubo para el ensayo. (Este tipo de ensayo debe consultarse con el fabricante). Además estas pruebas se realizarán de acuerdo con el método de prueba ASTM D 903, con las siguientes excepciones:

- a) La velocidad de desplazamiento de la máquina universal será 1" (25mm)/min.
- b) Se debe contar con cinco especímenes por cada inversión.
- c) El espesor de la muestra de ensayo será minimizada, pero debe ser suficiente para probar adecuadamente la delaminación de capas no homogéneas del CIPP.
- d) El peeling o la fuerza de separación entre cualquier capa homogénea del CIPP debe ser un mínimo de 10 lb/in. (178,60 g/mm) de ancho para un CIPP típico.

6.1.8.3.3 PRUEBAS DE RESISTENCIA QUÍMICA

Las pruebas químicas de resistencia deben realizarse de acuerdo con la norma ASTM D 543. La exposición de la muestra debe ser por un mínimo de un mes a 73,4 ° F (23 ° C). Durante este período, los especímenes de prueba CIPP deben perder no más del 20% de su resistencia inicial a flexión y módulo de elasticidad según los ensayos del numeral 6.1.8.3. En la Tabla 13 se encuentra una lista de los requerimientos mínimos de resistencia para soluciones químicas en tuberías de alcantarillado. Para otra clase de aguas residuales se debe llevar a cabo una prueba con muestras reales del fluido.

Solución Química	Concentración (%)
Agua corriente (ph 6-9)	100
Ácido nítrico	5
Ácido fosfórico	10
Ácido sulfúrico	10
Gasolina	100
Aceite vegetal	100
Detergente o jabón	0.1

Tabla 13. Requerimientos de resistencia mínimos para tuberías de alcantarillado.

Fuente: (ASTM F1216, 2003)

6.1.8.3.4 ESPESOR DE PARED CIPP

Un primer método de medición para determinar el espesor de la pared del CIPP es el recomendado por las normas ASTM D 5813 y ASTM D 3567. Para ello, se debe realizar un mínimo de ocho mediciones en intervalos igualmente espaciados alrededor de la circunferencia interna de la tubería, garantizando que los espesores mínimos y máximos se cumplan. El espesor promedio debe calcularse utilizando todos los valores medidos y deberá cumplir o exceder espesor mínimo de diseño según lo acordado entre el contratista y el contratante. El espesor mínimo de la pared en cualquier punto no deberá ser inferior a 87.5% del espesor de diseño. (ASTM F1216, 2003)

El segundo método para medir el espesor de pared es la prueba de ultrasonido (Norma ASTM E797). En este caso se realizan mínimo ocho mediciones en intervalos igualmente espaciados alrededor de la circunferencia interna de la tubería, a una distancia de 21 a 18cm desde el extremo de la tubería. Para tuberías con diámetros iguales o mayores a 15", se realizan un mínimo de dieciséis mediciones uniformemente espaciadas. Además se debe fabricar un bloque con los mismos materiales utilizados para el CIPP instalado con el fin de calibrar la velocidad del sonido. El espesor promedio debe calcularse utilizando todos los valores medidos y deberá cumplir o exceder espesor mínimo de diseño según lo acordado entre el contratista y el contratante. El espesor mínimo de la pared en cualquier punto no deberá ser inferior a 87.5% del espesor de diseño. (ASTM F1216, 2003)

6.1.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

En este numeral se recopilan todas las exigencias mínimas que define el contratante desde la planeación del proyecto y que la interventoría verifica a lo largo de la implementación del mismo. El interventor debe asegurar que el contratista cumpla en primera instancia con lo estipulado en el contrato de obra, y en segunda instancia, con la normatividad nacional e internacional aplicable a las obras que emplean el método CIPP. Estos criterios de aceptación para los acabados de la manga se encuentran en la Tabla 14 y los criterios de aceptación generales para CIPP se encuentran en la Tabla 15.

DEFECTOS	POSIBLES CAUSAS	TOLERANCIAS	TIPOS DE REPARACIÓN
Reacción exotérmica prematura	<ul style="list-style-type: none"> • Un diseño deficiente. • No se realizó el transporte adecuado, ni se uso el sistema de refrigeración necesario para evitar que la manga reaccione antes de ser instalada. 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Recorte la sección que está reaccionando si es posible y no afecta la longitud final del tramo y las características contratadas. • De lo contrario, se debe desechar el revestimiento y proporcionar uno nuevo para la instalación.

DEFECTOS	POSIBLES CAUSAS	TOLERANCIAS	TIPOS DE REPARACIÓN
Arrugas/ Aletas /Pliegues de la manga	<ul style="list-style-type: none"> • La tubería huésped tiene un diámetro menor a la manga. • La presión ejercida a la manga no fué suficiente para ajustarla completamente a las paredes de la tubería huésped. 	Se debe reparar si impide el flujo normal dentro de la tubería; si es superior a 5 % del diámetro nominal de la tubería existente a lo largo de la parte superior de este tramo (de las 9 a las 3 CW ¹) y 3 % del diámetro nominal de la tubería existente a lo largo de la parte inferior del tramo (de las 3 a las 9 CW ¹).	Se elimina las arrugas y se recorta 1/4 de la pared interna de la tubería. El área afectada debe ser recubierta con una capa epóxica siguiendo las recomendaciones del fabricante.
Arrugas/ Aletas circunferenciales	<ul style="list-style-type: none"> • El tubo se ha reducido debido al deterioro del área local. • La presión ejercida a la manga no fué suficiente para ajustarla completamente a las paredes de la tubería huésped. 	La arruga es aceptable si no perturba ni impide el flujo normal de la tubería, de lo contrario debe ser cortada.	Se elimina las arrugas y se recorta 1/4 de la pared interna de la tubería. El área afectada debe ser recubierta con una capa epóxica siguiendo las recomendaciones del fabricante.
Ampollas / burbujas	<ul style="list-style-type: none"> • Unión inadecuada entre el tejido y el recubrimiento durante la fabricación. • Incompatibilidad de la resina y la felpa. 	Se acepta hasta el 5% del diámetro nominal de la tubería existente, de lo contrario se debe reparar.	Si existen fugas en la ampolla de la tubería defectuosa. Se realiza un CIPP Parcial o un parche sobre el defecto presentado. (Nota: No se permite recortar o esmerilar la ampolla)
Levantamientos del revestimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida inicial de presión durante la instalación. • Tiempo de curado insuficiente. 	Se acepta hasta el 5% del diámetro nominal de la tubería existente, de lo contrario se debe reparar.	Si la elevación esta endurecida, quitar la sección o cortar el área de alzamiento e instalar un nuevo revestimiento.
Protuberancias / bultos	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías desplazadas, rotas o fracturadas cerca de una articulación en el tramo. • Escombros o sedimentos que no fueron removidos en la limpieza previa, antes de aplicar CIPP. 	Se acepta protuberancias en el revestimiento hasta el 5% del diámetro nominal de la tubería existente, de lo contrario se debe cortar y reparar.	Se realiza un CIPP Parcial o un parche sobre el defecto presentado, con una transición suave.
Agujeros, cortes, hoyos y fugas en el revestimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Defectos en el recubrimiento causados durante la fabricación y / o instalación. • La manga pudo haber sido perforada durante la entrega y la instalación en la tubería huésped. 	Si el tubo presenta fugas debe ser reparado.	Si el revestimiento tiene agujeros, la sección debería ser reparada con un CIPP Parcial o con una resina epóxica, según las recomendaciones del fabricante.
Manchas en la manga	<ul style="list-style-type: none"> • El interior de la manga no alcanza la temperatura de curado necesaria para endurecer todo el recubrimiento, dejando áreas sin curarse. • No se realizó el seguimiento apropiado de las temperaturas de curado. 	Esto no puede ser aceptado.	Se deben seguir las recomendaciones del fabricante, para ser calentados y endurecidos nuevamente o realizar el corte en el área que no se curó.
Manchas blancas (Felpa sin resina)	La felpa no se impregnó correctamente.	Esto no puede ser aceptado, debido a la predisposición de la delaminación de la manga.	La sección de revestimiento sin resina debe ser cortada y revestida con un CIPP Parcial.
Pérdida o delaminación del parche puesto después de usar la bomba de vacío²	El parche no se instala correctamente después de remover la bomba de vacío.	No se requiere trabajos adicionales al menos que la tubería presente fugas.	Se debe revestir la sección afectada con un CIPP Parcial.

DEFECTOS	POSIBLES CAUSAS	TOLERANCIAS	TIPOS DE REPARACIÓN
Grieta en la manga	Las grietas de contracción son producidas en tubería lisa donde hay poca o nula adherencia entre el tubo huésped y el CIPP.	Esto no puede ser aceptado.	Se debe revestir la sección afectada con un CIPP Parcial.
Cinta de costura, suelta, con ampollas o con fugas	La cinta de costura fue unida inadecuadamente durante la fabricación.	N/A	La cinta debe ser removida para evitar la obstrucción del flujo.
El espacio anular entre el tubo huésped y el revestimiento en los extremos del tubo	<ul style="list-style-type: none"> La presión ejercida a la manga no fue suficiente para ajustarla completamente a los extremos de la tubería huésped. El extremo de la manga no salió lo suficientemente para permitir su expansión completa. Un factor de geometría de la tubería existente. 	Debido al encogimiento diametral de CIPP durante el curado, el diámetro mínimo admisible debería ser 98% del diámetro interior de la tubería principal. (ASTM D5813)	<ul style="list-style-type: none"> Si existen fugas entre el tubo huésped y el CIPP, se inyecta una lechada de tipo hidrófilo para detener la fuga. Si no hay fugas, se aplicará una lechada de cemento para llenar el espacio anular.
Filtración del agua subterránea entre la tubería huésped, el revestimiento y el pozo de inspección.	Existe un espacio pequeño entre el revestimiento y la tubería existente que permite que el agua penetre.	N/A	Instalar entre la interface del tubo huésped y el CIPP, un sello hidrófilo.

¹CW (ClockWise): Según las manecillas del reloj.

² Para felpas con revestimiento en poliuretano es necesario abrir un hoyo en la manga para utilizar la bomba de vacío, para felpas de polietileno la bomba de vacío se ubica en la boca del liner, por lo tanto no necesita un parche.

Tabla 14. Criterios de aceptación para los acabados de la manga.

Fuente: (Najafi, 2010)

Los criterios relacionados con la instalación y calidad del material se amplían a continuación:

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMAS PARA REALIZAR EL ENSAYO
Resina	Para una resina diseñada a 50 años según la ASTM D2990, el módulo de Elasticidad debe ser el 48% del módulo de elasticidad inicial.	ASTM D5813
Capacidad hidráulica	La sección hidráulica transversal debe mantenerse lo más grande posible.	N/A
Resistencia química	Debe cumplir las condiciones de la tabla que aparece en la ASTM F1216, Apéndice X2.	ASTM F1216 y ASTM D543
Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad mínimo de 250.000psi o 1724 Mpa. Deberá cumplir con las condiciones mínimas de resistencia que aparecen en la Tabla 1 de la ASTM F1216.	ASTM D790
Resistencia a la flexión	La resistencia a la flexión mínima de 4.500psi o 31Mpa. Deberá cumplir con las condiciones mínimas de resistencia que aparecen en la Tabla 1 de la ASTM F1216.	ASTM D790

Grosor	El espesor mínimo de la pared en cualquier punto no deberá ser inferior al 87.5% del mínimo diseñado. Si el diseño del grosor de la felpa fue realizado según el numeral 8.1.6 de la norma ASTM F1743.	ASTM D2122- ASTM E797
Delaminación	Mínimo de 10 lb / in. (178,60 g / mm) de ancho para un CIPP típico.	ASTM D903
Exfiltración	El agua admisible de ex filtración para cualquier longitud de la tubería entre los puntos de terminación no debe exceder los 50 gpd/pulgada/milla.	ASTM F1216- NE-012 (EAAB)
Infiltración	La infiltración admisible durante la prueba debe ser de 20 gpd/pulgada/milla.	ASTM F1217- NE-012 (EAAB)
Bateas	Para tuberías de gran tamaño si es necesario realizar un recalce debido que las bateas pueden afectar las características hidráulicas de la tubería, especialmente la velocidad del flujo. (si el contratante lo solicita)	N/A
Conexiones Domiciliarias	Las conexiones domiciliarias se restablecerán por lo menos en un 90% del área original del tubo que entra al conducto principal.	ASTM F1743

Tabla 15. Criterios de aceptación generales para CIPP.

6.1.10 RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Luego de finalizar con la etapa de construcción el contratista deberá restaurar todos los pozos de inspección y áreas aledañas afectadas, a su condición original según las especificaciones del contrato. (Ver numeral 4.2.4.)

CAPÍTULO 7

INTERVENTORÍA PARA EL REEMPLAZO EN EL SITIO SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO (Pipe Bursting)

7 INTERVENTORÍA PARA EL REEMPLAZO EN EL SITIO SIN ZANJA DE REDES DE ALCANTARILLADO

Una de las prioridades actuales de las redes de alcantarillado es el reemplazo o renovación de tramos en la red que presentan un alto deterioro estructural, particularmente en zonas donde la demanda se ha incrementado y las tuberías no regulan eficientemente la carga hidráulica que entra al sistema; dadas estas condiciones, la industria ha desarrollado alternativas más rápidas y precisas que den solución a este problema.

En lo que se refiere a nuestro país, se estima que para la ciudad de Bogotá, el 78 % de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial superan los 50 años de edad y en su mayoría presentan un alto grado de deterioro, debido a los altos costos que implica la instalación de tubería nueva para toda la ciudad, la rehabilitación y reemplazo de tubería se convierten en la solución económica más favorable. (*Penagos, Juan, EAAB 2012*).

Entre estas metodologías, existe una gran variedad de tecnologías sin zanja que se aplican en Colombia actualmente, algunas han tenido mayor penetración en el campo de la construcción que otras, atendiendo a estas consideraciones, en el presente trabajo de grado se desarrolla la más utilizada en el reemplazo de tuberías en Bogotá, la cual es:

- PIPE BURSTING (Fragmentación De Tubería)

En este capítulo se muestra detalladamente cuál es la función de la interventoría técnica en el reemplazo de redes de alcantarillado, utilizando tubería PEAD con la metodología Pipe Bursting.

7.1 PIPE BURSTING (Fragmentación De Tubería)

Es una metodología para la renovación de tubería; el procedimiento consiste en la destrucción de la tubería antigua por medio de un cabezal de corte que incorpora los escombros al suelo circundante, e inmediatamente después instala una tubería nueva en el espacio ocupado por el tubo antiguo. El proceso constructivo de Pipe Bursting se amplía en el “ANEXO F. Procedimiento reemplazo Pipe Bursting”.

7.1.1 CUADRO NORMATIVO

Las principales herramientas que posee la interventoría para exigir el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el contratista son: el contrato de obra y la normatividad (nacionales e internacionales). Para tal fin, todas las normas utilizadas, deben ser las últimas publicadas por la entidad correspondiente; a menos, que el contrato indique lo contrario.

Actualmente en Colombia el proceso de instalación para Pipe Bursting no se encuentra normalizado igualmente, no existe una norma para el diseño y ensayo de la tubería que se usa en el proceso de rehabilitación. (Maldonado, Luis Guillermo 2012) Sin embargo, a nivel mundial el proceso de instalación, diseño y ensayo de tubería para el método Pipe Bursting se encuentra normalizado primordialmente por ASTM, DIN, BS o ISO. Las normas principales para el reemplazo de tubería con Pipe Bursting se encuentran en la Tabla 16.

NACIONALES	
INVIAS	PMT (Planes de Manejo del Tránsito).
NE-012 (EAAB)	Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado.
NS-058 (EAAB)	Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-061 (EAAB)	Aspectos técnicos para la rehabilitación de redes y estructuras de alcantarillado.
NS-111 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados.
NS-114 (EAAB)	Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial para el manejo de equipos empleados en el mantenimiento de sistemas de alcantarillado.
NTC 3409	Accesorios de polietileno (PE) para unión por fusión a tope con tubería de polietileno.
NTC 3410	Accesorios de polietileno tipo campana para tubos de polietileno, tipo IPS y CTS, con diámetro exterior controlado.
RAS 2000	(Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Sección II-Título D "Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales".
Otros	Normas Nacionales aplicables a este tipo de proyectos y normas del fabricante para la instalación, transporte, carga, descarga y almacenamiento de sus productos.*
INTERNACIONALES	
ASTM D575	Standard Test Methods for Rubber Properties in Compression.
ASTM D618	Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing.

ASTM D638	Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
ASTM D790	Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
ASTM D1505	Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique
ASTM D1693	Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics.
ASTM D2657	Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipe and Fittings.
ASTM D2683	Standard Specification for Socket-Type Polyethylene Fittings for Outside Diameter-Controlled Polyethylene Pipe and Tubing.
ASTM D3035	Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR PR) Based on Controlled Outside Diameter.
ASTM D3261	Standard Specification for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fittings for Polyethylene (PE) Plastic Pipe and Tubing.
ASTM D3350	Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.
ASTM F585	Standard Practice for Insertion of Flexible Polyethylene Pipe Into Existing Sewers.
ASTM F714	Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR-PR) Based on Outside Diameter.
ASTM F894	Standard Specification for Polyethylene (PE) Large Diameter Profile Wall Sewer and Drain Pipe
ASTM F1290	Standard Practice for Electrofusion Joining Polyolefin Pipe and Fittings.
ASTM F2620	Practice for Heat Fusion Joining of Polyethylene Pipe and Fittings
DIN EN DVS 2207	Welding of thermoplastics.
ISO 4427	Plastics piping systems -Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply
ISO 13953	Polyethylene (PE) pipes and fittings -- Determination of the tensile strength and failure mode of test pieces from a butt-fused joint.

*Principalmente los controles de instalación de tubería mediante la técnica de Bursting son especificados por los diferentes fabricantes de tuberías y los fabricantes de los equipos de Pipe Bursting. En los cuales especifican las condiciones de transporte del material, la fuerza de tracción que se debe aplicar, el método de soldadura adecuado etc.

Tabla 16. Cuadro Normativo Pipe Bursting.

7.1.2 DISPOSICIÓN DEL SITIO DE OBRA

Estos aspectos corresponden a las actividades con las cuales se inicia el proceso de construcción y tienen como fin preparar el terreno donde se va a realizar la perforación. Las actividades generales que verifica la interventoría se encuentra consignados en el numeral 4.1.2.1, y los requerimientos específicos para Pipe Bursting presentados en la “lista de verificación de requisitos previos al inicio de la obra” que se encuentran en el ANEXO G.13.

7.1.3 INSTALACIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS

Los equipos y herramientas que comúnmente se usan para el método Pipe Bursting son:

- Unidad Pipe Bursting.
- Estructura para empuje de barras con dos cilindros hidráulicos.
- Equipo para el almacenamiento y reciclaje de la bentonita.
- Barras roscadas, navajas de corte para diferentes tuberías y conos de expansión para ampliar el orificio de instalación.
- Equipos de soldadura.

Con el objetivo de garantizar las buenas prácticas de ingeniería dentro de la obra, el interventor debe verificar que el contratista certifique las siguientes competencias:

- **Operarios certificados y entrenados para el manejo del equipo Pipe Bursting:** El personal encargado del manejo de los equipos para la ruptura de la tubería, deberá estar certificado por el fabricante del equipo de Pipe Bursting. Esta formación se llevará a cabo, por un técnico cualificado de Pipe Bursting (Representante del fabricante). El interventor podrá exigir que el contratista proporcione los certificados que acrediten al operario para el manejo de este tipo de equipos. *(EPA, 2011)*
- **Entrenamiento para el manejo de tuberías según las normas del fabricante.**
- **Operarios certificados y entrenados para el uso de equipos de fusión:** los operarios involucrados directamente con la unión de la tubería de polietileno deberán contar con un entrenamiento apropiado para el uso de los equipo de fusión. Esta formación es impartida por un representante autorizado por el fabricante del equipo de fusión. El interventor podrá exigir que el contratista proporcione los certificados que acrediten al operario para el manejo de este tipo de equipos. *(EPA, 2011)*

Para el manejo de los equipos nombrados, es necesario que el contratista certifique la experiencia y entrenamiento del personal, de acuerdo con los requerimientos propios de Pipe Bursting; en el ANEXO G.21 se encuentra el perfil completo que debe poseer el operario que maneje la maquinaria para esta tecnología.

7.1.4 POZOS DE ACCESO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

El interventor debe verificar que los pozos de entrada y salida cuenten con todas las estructuras temporales necesarias para evitar colapsos al interior del pozo o la socavación del mismo. La presencia de sobrecargas cercanas al pozo, tales como maquinaria, equipos o la provocada por el acopio del suelo producto de la excavación, puede ser determinante para que sea prevista una estructura de contención lateral. En estos casos la interventoría determinará la necesidad de este tipo de estructura.

La longitud de la excavación debe ser al menos 12 veces el diámetro de la tubería de polietileno y el ancho debe ser tan pequeño como sea posible, de acuerdo con el diámetro de la tubería, el tipo de suelo, la altura de nivel freático, y el diámetro de la tubería original. Cuando se contemple la fusión de las tuberías dentro del pozo de entrada, la longitud de la excavación deberá tener una longitud mínima de 3m. *(ASTM F585, 1994)*

Finalmente el interventor verifica que el pozo de entrada de la tubería tenga una pendiente de 2.5:1, con el fin de garantizar una entrada suave al pozo, evitando fricciones y tensiones excesivas del tubo. *(ASTM F585, 1994)*

7.1.5 DRENAJE Y DESVIACIÓN DEL FLUJO

Es necesario drenar los pozos cuando existe agua en ellos (bien sea causada por lluvias, fuga de tuberías o el nivel freático) que perjudique el reemplazo de las redes de alcantarillado. Durante el periodo de instalación, hasta su terminación e inspección final y aceptación, se deberá proveer los medios y equipos adecuados mediante los cuales se pueda extraer prontamente el agua.

Otro aspecto importante es el manejo de vertimientos, el interventor verifica la forma en la que se realiza la desviación y regulación temporal de los efluentes presentes en la red y el sitio donde se efectúa la disposición final de los mismos.

Es importante considerar que el servicio de bypass deber ser calculado de modo que impida la inundación de la caja o pozo de registro, ubicado aguas arriba del tramo intervenido. Asimismo, se debe tener un cuidado especial cuando se presenten desbordamientos en el bypass que generen reflujos de los efluentes, llegando a perjudicar los inmuebles conectados a la red. (Para ampliar el tema sobre los desvíos del flujo en el alcantarillado se recomienda revisar las actividades especificadas en el numeral 4.1.2.4.)

7.1.6 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Como primera medida, el interventor debe verificar que el contratista realice una inspección previa con CCTV al conducto; con el fin de ubicar las conexiones domiciliarias que entran a la red, y programar su reapertura al final del procedimiento.

Aparte de la inspección inicial con CCTV, el interventor realizará la verificación de los siguientes puntos:

- Calidad y el manejo de la Tubería antes de ser instalada.
- Soldadura de los tubos.
- Pendientes y cotas de la tubería.

A continuación se amplía cada numeral.

7.1.6.1 TUBERÍA

El interventor deberá verificar que los tubos cumplan con las dimensiones contratadas y a su vez debe inspeccionar la calidad de los tubos que llegan de la fábrica a la obra, para asegurar que se encuentre libre de defectos tales como: grietas, granulaciones, burbujas, abrasiones, cortes, desgastes o espesores no homogéneos. Estos defectos no pueden ser mayores al 10% del espesor del tubo. *(ASTM F585)*

La tubería y los accesorios que estén dañados antes de la instalación pueden ser cortados y unidos nuevamente, según las especificaciones del fabricante o las cláusulas del contrato. *(EPA 2, 2011)*

Los tubos se ubicarán en una superficie nivelada y en posición horizontal, debe evitarse el acopio vertical el cual produce mayor ovalación a la tubería e inseguridad en el almacenamiento, se recomienda que la tubería sea apilada sobre estibas o algún tipo de material que las separe del suelo y almacenadas hasta un máximo 1.2m de altura para cualquier diámetro de la tubería.

Además, es importante que el interventor supervise que la tubería no sea arrastrada por el suelo en el momento de su transporte o inserción; para tal fin, la tubería debe estar tendida sobre una plataforma con rodillos que la separe del suelo, evitando así, la aparición de cortes o arañazos que comprometan la integridad del material. *(EPA 2, 2011)*

7.1.6.2 SOLDADURA DE TUBOS

Durante el proceso de expansión del túnel y halado de la tubería, el interventor debe realizar una inspección visual del cordón de soldadura de la tubería de polietileno. El uso de técnicas radiográficas y de ultrasonidos para verificar la calidad de la soldadura se empleará únicamente si el contrato lo exige. (*ASTM F585, 1994*)

El interventor debe supervisar que las tuberías sean soldadas de acuerdo con el método de fusión recomendado por el fabricante. Si se usa la Termo fusión de tubería PE se deben seguir el procedimiento que se describe en la norma ASTM D2657 y F2610. Cuando se usa la Electro fusión para tubos PE se deben seguir el procedimiento que se describe en la norma ASTM F1290.

La inspección visual¹⁵ de la unión debe seguir las recomendaciones presentadas en la Figura 4 y el apéndice X2 de la norma ASTM F2610. En esta norma se establece gráficamente, que tipo de cordón de soldadura es aceptable y cual no (Tabla 8, numeral 5.2.6.4). Es importante resaltar que el éxito y la calidad de la unión dependerán primordialmente de la habilidad y el conocimiento del operario, que conozca el procedimiento aprobado por el fabricante

La unión no debe presentar cortes, ampollas, abrasiones, cicatrices o alguna irregularidad. Si la tubería presenta una irregularidad mayor al 10% de profundidad según el espesor de la tubería será rechazada (*ASTM F585*). Sin embargo, esta área defectuosa puede cortarse y fundirse de nuevo de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante. Es importante resaltar, que el control de arañazos o cortes debe ser más riguroso para las tuberías que van a trabajar con presiones internas significativas. (*EPA 2, 2011*)

Nota: la diferencia en la vertical y la horizontal de una tubería que sea ovalada no debe exceder de 2% del diámetro de la tubería original. (*Najafi, 2010*)

7.1.6.3 PENDIENTES Y COTAS DE LA TUBERÍA

El interventor debe revisar la fuerza de tracción que se aplica a la tubería y compararla con la fuerza máxima recomendada por el fabricante del tubo. Además de asegurar que el contratista cumpla con las recomendaciones de lubricación para el proceso de Bursting sugeridas. (*EPA 2, 2011*)

Finalmente, el interventor debe verificar que la solera de la tubería nueva no se desvíe de la solera de la tubería huésped, la tubería nueva debe instalarse con la pendiente

¹⁵ El interventor puede inspeccionar las uniones según las normas ASTM o siguiendo los lineamientos estipulados en el manual de instalación hecho por el fabricante de la tubería. (*ASTM F2620, 2011*)

necesaria (puede ser el mismo grado de inclinación de la tubería antigua), esto se controla por la alineación del cable de tracción dentro del tubo anfitrión durante el rompimiento de tubería. Las variaciones de la línea y el grado de alineamiento pueden ser inherentes debido a la condición de la tubería original. *(IPBA, 2011)*

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para la ejecución de la obra con Pipe Bursting” (ANEXO G.14.), donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, ya tratadas en este capítulo.

7.1.7 MANEJO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL E IMPACTO AMBIENTAL

Como primera medida, el personal debe mantener una distancia considerable o evitar el contacto con las piezas giratorias de la maquinaria (Ej. las barras de perforación) que evite la ocurrencia de riesgos a el personal de trabajo. Los operarios deben completar estas recomendaciones con el uso de ropa cerrada y ajustada que evite que se enreden con el equipo cuando esté en funcionamiento. *(FSTT, 2006)*

Como segunda medida, el interventor debe documentar detalladamente todos los fluidos de perforación que se utilizan en la obra, el método de drenaje, reciclaje y disposición final. Asimismo, las presiones de bombeo para la perforación y circulación del fluido que garanticen la presión hidrostática necesaria que estabilice el túnel. *(Najafi, Mohammad, 2010)*

Es importante que el interventor supervise el tratamiento y el drenaje que se realiza a los subproductos de este proceso; estableciendo si la disposición final que le da el Contratista a los sólidos finos, arenas y material floculante es la más adecuada. Asimismo, verifica el tratamiento de los líquidos remanentes y vertimiento final según las disposiciones normativas; con el fin de disminuir el impacto ambiental que pueda causar esta actividad.

Finalmente, el interventor debe verificar regularmente, que el túnel de perforación este sellado, para evitar fugas o retornos involuntarios del lodo hacia las zonas aledañas, cuerpos de agua, alcantarillado, o vías cercanas. Si se presenta un derrame involuntario, el contratista debe contener el derrame y limpiar la zona afectada de acuerdo con las disposiciones que se trata en la normatividad local vigente, para estos casos. *(Najafi, 2010)*

Otra de las actividades que debe realizar el interventor es evaluar si no se presentan asentamientos o protuberancias en la superficie del suelo debido al ensanchamiento de la tubería. Si se comprueba que existe un cambio vertical de 1cm o más en la superficie se deben detener todas las actividades y establecer los daños y sus posibles consecuencias contractuales. *(Najafi, 2010)*

Para concluir este numeral, se recomienda revisar la “lista de verificación para el control SISOMA con Pipe Bursting” (ANEXO G.15.), donde se recopilan las actividades que la interventoría debe supervisar, ya tratadas en este capítulo.

7.1.8 RECONEXIONES E INSPECCIÓN DEL TRABAJO TERMINADO

Principalmente la reconexión de los tramos debe seguir las consideraciones presentadas en el numeral 4.1.2.7 y los lineamientos que se establecen a continuación:

Las conexiones de las domiciliarias laterales y empates con los otros tramos de la tubería antigua, se deben realizar después del tiempo especificado por el fabricante para el acondicionamiento y enfriamiento del tubo debido a la tracción (se recomienda esperar un mínimo de 4 horas). (*IPBA, 2011*)

Las conexiones, válvulas y codos deben ser aditamentos aprobados por el fabricante de la tubería e instalados en conformidad con el procedimiento especificado por el mismo. Las conexiones a la tubería de servicio existente se realizará utilizando acoplamientos flexibles. Todos los acoplamientos flexibles deben cumplir con ASTM C425. Los límites conjuntos de deflexión y conexiones laterales se deben cumplir de acuerdo con los máximos indicados en la norma ASTM C425. Para ejecutar este tipo de uniones se usa una soldadura por extrusión y recubierta con un epóxico para garantizar su hermeticidad. Para realizar la soldadura primero se limpia la zona que se va a soldar, luego se hace un raspado de una pequeña capa del material y finalmente se rectifican los ángulos de soldadura. La pistola de extrusión manual precalienta las superficies y suministra un cordón de polietileno fundido en el área de unión, previamente preparada. Es importante resaltar que, la soldadura por extrusión no es un sustituto para las fusiones a tope y no deberá ser usada para unir o reparar tuberías y conexiones que trabajen a presión.

Para garantizar que la tubería antigua se una perfectamente con la tubería nueva en el pozo de inspección, se debe dejar un exceso del tubo desde la pared del pozo hasta el extremo final del tubo, esta longitud debe estar acorde con las recomendaciones dadas por el fabricante; asimismo, esta longitud no debe ser menor de 4”. (*IPBA; 2011*)

Con frecuencia, las entradas y salidas de los pozos de inspección se dañan durante la operación de Pipe Bursting, para reparar el daño se puede usar mortero especial. Para obtener un sellado más confiable entre el pozo y la tubería de PEAD, se puede utilizar un accesorio especial en PVC con terminación en campana. (*Najafi, 2010*)

Entre las actividades finales que debe verificar el interventor se encuentran:

- Inspección visual o por CCTV.
- Pruebas hidrostáticas.
- Ensayos de calidad de los materiales.

Seguidamente se hace una ampliación a los puntos anteriormente citados.

7.1.8.1 INSPECCIÓN VISUAL O POR CCTV

Finalmente el inspector debe solicitar una inspección CCTV posterior a la instalación, para confirmar la condición as-built de la nueva tubería. La inspección debe realizarse según los parámetros del numeral 4.2.2. Si se encuentran imperfecciones en la pared de la tubería, infiltraciones u otras anomalías de instalación, deben quedar documentadas.

Se debe realizar una inspección de seguimiento con CCTV, antes de 30 a 60 días que se finalice la garantía de calidad, de modo que las deficiencias relacionadas con la construcción que no fueron descubiertas anteriormente, puedan identificarse y programarse para ser reparadas por el contratista.

7.1.8.2 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

La interventoría debe verificar que el contratista realice las pruebas de estanqueidad para las tuberías instaladas con el objeto de corregir las infiltraciones o fugas que se presenten. Estas pruebas deberán realizarse una vez se termine de instalar el tramo, sin conexiones domiciliarias, a menos que se efectúe el taponamiento de ellas. Asimismo, el interior del tramo debe estar libre de escombros, sedimentos y residuos provenientes de la instalación u operación de la red. Estas pruebas se realizan bajo los parámetros especificados en la norma NE-012 "Prueba de Estanqueidad en redes de alcantarillado". Sin embargo, debido a los tiempos de instalación tan cortos, en la mayoría de veces no se realizan estos ensayos. (*Giedelman, Alfonso, Treltec 2012*)

7.1.8.3 ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Para la tubería de polietileno de alta densidad, el interventor debe verificar que el contratista realice los ensayos en obra destructivos y no destructivos que exige el contrato y el fabricante.

En primera medida, se realiza una inspección visual del cordón de soldadura de acuerdo a las especificaciones de calidad del fabricante (ver numeral Tabla 8), si el contrato lo exige se realiza una inspección más compleja del cordón de soldadura usando ultrasonidos, rayos X, radiografía, termografía, reflexión holográfica o ensayos de alta frecuencia eléctrica, con el fin de detectar defectos, como desalineación, contaminación partes sin unir etc.; todas estas pruebas se consideran no destructivas. Para las pruebas destructivas realizadas en campo deben realizarse según las recomendaciones hechas

por el fabricante. Usualmente se realiza un ensayo de doblamiento manual del tubo, para ello se corta un probeta y se dobla a 180°, antes o después del ensayo no deben aparecer fisuras, poros ni cavidades en la unión, ni en el cordón interior, ni en el exterior.

En segunda medida las pruebas que se realizan para comprobar las propiedades físicas de la tubería, se realizan en un laboratorio certificado que efectúe los ensayos basados en la norma ISO 13953 para las uniones. Asimismo, se deben realizar los ensayos de resistencia a la tracción, ensayo de curvatura, resistencia a la presión interior y fluencia. Todos estos ensayos se realizan por parte del fabricante; por tal motivo, el interventor debe verificar que el Contratista cuente con los certificados respectivos que demuestren que fueron realizadas estas pruebas a las tuberías. (Giedelman, 2012)

7.1.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

En este numeral se recopilan todas las exigencias mínimas que define el contratante desde la planeación del proyecto y que la interventoría verifica a lo largo de la implementación del mismo. El interventor debe asegurar que el contratista cumpla en primera instancia con lo estipulado en el contrato de obra, y en segunda instancia, con la normatividad nacional e internacional aplicable a las obras que emplean el método Pipe Bursting. Estos criterios de aceptación se presentan en la Tabla 17.

ÍTEM	TOLERANCIAS	NORMA O REFERENCIA
Tubería	La tubería no debe presentar cortes, ampollas, abrasiones, cicatrices o alguna irregularidad. Si la tubería presenta una irregularidad mayor al 10% de profundidad según el espesor de la tubería, el tramo afectado debe ser cortado, de lo contrario la tubería será rechazada. . Tampoco pueden ser aceptados tubos doblados debido a la flexión excesiva.	ASTM F585
Dimensiones	Las características del tubo como el diámetro, espesor, longitud, material etc. deben cumplir con lo contratado, de lo contrario será rechazado	Najafi
Tubería ovalada	La diferencia en la vertical y la horizontal de las dimensiones del diámetro de la tubería nueva no debe exceder de 2%. De lo contrario será rechazada	Najafi
Soldadura de tubos	<ul style="list-style-type: none"> • La unión no debe presentar bordes ni muy pequeños ni muy grandes. • La unión no puede quedar desfasada. • La unión no puede tener un ángulo de fusión diferente a 180°. Si la soldadura es defectuosa se debe cortar la unión y realizar de nuevo.	Ver Tabla 8
Uniones del tubo con acometidas, pozos, etc.	Se debe realizar la unión con una soldadura por extrusión y terminada con un epóxico apropiado. Asimismo todos los aditamentos y accesorios deben ser termo fundido según el manual de procedimientos del fabricante.	Manual del fabricante de tubería.
Ensayos de resistencia del material	Debe cumplir con los parámetros descritos en la normatividad relacionada con la calidad de la tubería de polietileno.	ISO 13953

Pruebas hidrostáticas	Debe cumplir con las pruebas de estanqueidad según la normatividad local, cuando se presenten discrepancias se deben evaluar los métodos para corregir estos defectos y aplicarlos a satisfacción del contratante.	EAAB, NS-012
Desviaciones	Las desviaciones normalmente deben estar entre ± 18 cm de la ruta propuesta tanto horizontal como vertical.	Najafi
Espacio anular entre el tubo nuevo y la tubería huésped	El espacio anular entre la tubería de revestimiento y la tubería original puede ser llenado con lechada u otro material si es requerido por el ingeniero de diseño.	ASTM F585

Tabla 17. Criterios de aceptación Pipe Bursting.

7.1.10 RESTITUCIÓN DEL ESPACIO EN LA SUPERFICIE Y LIMPIEZA DE TUBERÍAS

Luego de finalizar con la etapa de construcción el contratista deberá restaurar todas las áreas aledañas afectadas, a su condición original según las especificaciones del contrato. (Ver numeral 3.3.4.)

CAPÍTULO 8

FALLAS FRECUENTES DE UN PROYECTO SIN ZANJA

8 FALLAS FRECUENTES DE UN PROYECTO SIN ZANJA

La familia de tecnologías sin zanja (Trenchless) permite al contratista la posibilidad de trabajar remotamente, para tal fin, el trabajo es realizado en una gran proporción por medios mecánicos, es decir, sin el ingreso físico de un operario en el punto de la red afectada. Al tratarse de maquinaria que necesita un constante monitoreo, las malas prácticas pueden generar fallas de tipo operacional, fallas de la maquinaria y los equipos, fallas en la construcción e instalación del material y fallas estructurales. (Swarup, 2012)

Las fallas en la obra obedecen inicialmente a una mala planeación y una mala sincronía entre las especificaciones de la tecnología y los requerimientos reales del terreno; asimismo, estas actividades dependen enteramente de las competencias profesionales del contratista y el conocimiento del estado del arte de las tecnologías aplicadas. Cualquier deficiencia o variación en el denominado “Kwon-how”¹⁶ puede conducir al fracaso del proyecto, sobrecostos de obra, modificaciones en el alcance físico de las obras, continuos cambios y adiciones a los contratos, demoras en el plazo de entrega final de las obras, posibles reclamaciones o pleitos jurídicos y desconfianza en el sector de la construcción al momento de implementar las tecnologías sin zanja. (Swarup, 2012)

Conocer las limitaciones de esta tecnología ayudará a la mitigación del riesgo y la generación de mejores resultados. En este orden de ideas es necesario identificar los puntos críticos de la obra que puedan generar riesgo, para evitar o por lo menos reducir la presencia de fallas que encaminen al contratista hacia el cumplimiento de las metas y los objetivos específicos dentro del tiempo establecido, la calidad pactada y los costos calculados. Entre las causas más comunes de falla en los proyectos “Trenchless”, se encuentran:

- Incorrecta selección de la tecnología.
- Estudios inadecuados de las condiciones del suelo y de la infraestructura subterránea existente.
- Deficiente limpieza e inspección inicial.
- Imprevistos de obra.
- Daño de las redes de servicios públicos.
- Mano de obra deficiente.
- Maquinaria en mal estado.
- Mal manejo de las construcciones temporales.
- Inadecuada instalación de los materiales.
- Incumplimiento de las especificaciones del contrato.
- Obras mal realizadas.
- Gestión administrativa deficiente.

¹⁶ Conocimiento concreto sobre una metodología, desarrollada como consecuencia del aprendizaje y de la experiencia adquirida, que es clave para su éxito.

- Mala gestión del riesgo. (Seguidamente, se amplía cada uno de estos criterios)

8.1 INCORRECTA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Las tecnologías sin zanja son en este momento los sistemas que tienen el más alto desarrollo tecnológico para este tipo de obras, en tal sentido, cada proyecto necesita ser concebido, planeado, estructurado, diseñado, ejecutado y terminado en torno a los requerimientos de estas metodologías. En consecuencia, los contratantes e interventores deben poseer conocimientos básicos sobre la familia trenchless; asimismo, debe conocer las condiciones del terreno, el tipo de maquinaria y las implicaciones económicas de cada tecnología, para realizar la selección que más se ajuste a los requerimientos del proyecto. La selección de cualquier tecnología sin el completo conocimiento dará lugar a una construcción inadecuada o incompleta de una obra defectuosa e insegura, produciendo un aumento de los riesgos en obra, contratiempos y percances. (*Swarup, Niranjana, 2012*)

8.2 ESTUDIOS INADECUADOS DE LAS CONDICIONES DEL SUELO

Los estudios de suelo son una de las razones que limitan la selección de la tecnología, de modo que un estudio deficiente o una mala interpretación de los datos permitirá la aparición de imprevistos durante la fase de construcción, la mayoría de proyectos subterráneos no cuentan con la suficiente información del estado del suelo, y muchas veces los datos encontrados son de lugares específicos de la zona que se han sido extrapolados a otras; a causa de ello, es necesario que el contratista no sólo conozca la naturaleza, estructura, composición, calidad, consistencia y su capacidad portante del suelo, sino que también realice cálculos necesarios y las concepciones del proyecto de acuerdo con sus obligaciones técnicas profesionales. (*Swarup, 2012*)

De la misma forma, es importante conocer la infraestructura subterránea existente, que consiste en: redes de servicios, fundaciones de estructuras aledañas, y otras estructuras.

8.3 DEFICIENTE LIMPIEZA E INSPECCIÓN INICIAL

La limpieza e inspección general de la red, es parte primordial de la información requerida para el diseño, el desconocimiento de las condiciones físicas de la tubería generarán una inexacta elección de la tecnología, un diseño deficiente y fallas en el montaje.

8.4 IMPREVISTOS DE OBRA

Una de las ventajas de las tecnologías sin zanja es la capacidad de operar remotamente, a causa de ello, se debe conocer plenamente las condiciones del subsuelo que anticipen riesgos en la fase de ejecución. El éxito del proyecto radica en la planificación y diseño que establezca los puntos críticos del subsuelo, sin importar si el estrato de suelo es uniforme a lo largo del proyecto o si los estratos cambian sus condiciones. Es importante resaltar que la mayoría del abandono de proyectos es debido a las difíciles condiciones del subsuelo. (Swarup, 2012)

Entre las principales razones para el surgimiento de imprevistos se encuentran: (Swarup, 2012)

- Cambios del alcance realizados por el Contratante.
- Cambios por falta de financiamiento.
- Omisión del alcance técnico, el programa o el presupuesto.
- Regulaciones ambientales y de seguridad que no se evaluaron en la etapa de planeación.
- Estimaciones fuera de la realidad.
- Inadecuada identificación del riesgo.
- Cambios en el contrato.
- Demoras en el suministro de materia prima.
- Daños a terceros.

8.5 DAÑO DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

En vista que, el subsuelo es hogar de un sinnúmero de redes de servicios públicos, y dada la naturaleza de las tecnologías para la renovación, rehabilitación y reemplazo de tubería, que funcionan remotamente hacen que el trabajo en condiciones subterráneas contemple mayores retos. Lo que incide en la necesidad de localizar completamente el alineamiento de estas redes de servicios públicos, para evitar una afectación física por parte de las perforaciones, vibraciones y obras del nuevo proyecto. Sin embargo, la poca información y los pocos planos sobre las redes existentes no permiten la correcta estimación de la ubicación de las tuberías, inclusive una incorrecta ubicación de las redes, dificultará el diseño del alineamiento de la nueva tubería, ocasionando riesgos importantes para el proyecto. (Swarup, 2012)

8.6 MANO DE OBRA DEFICIENTE

Las habilidades del operario son el punto más crítico en la ejecución del proyecto, la falta de experiencia o de entrenamiento no debe ignorarse. Generalmente el contratista asume que el manejo de los equipos se puede realizar si el operario posee habilidades o no. De hecho, si el operario del equipo no está apropiadamente entrenado para un equipo específico, igualmente no estará capacitado para entender o prever las señales de alarma que se emiten desde el equipo, conduciendo a la creación de fallas en la estructura, e inclusive afectar la integridad de la maquinaria. (Swarup, 2012).

8.7 MAQUINARIA EN MAL ESTADO

Otro factor que contribuye al fracaso del proyecto es el uso de maquinaria en mal estado, desgaste de sus accesorios, y maquinaria inadecuada para la ejecución del proyecto, este numeral es muy importante debido a que el mayor componente del trabajo se realiza por medio de equipos mecánicos. Además los costos de mantenimiento de estos equipos son elevados y cualquier avería puede detener la maquinaria por semanas debido a que los repuestos se deben pedir en el país de origen de los equipos.

Conocer las características, capacidades y el mantenimiento del equipo juega un rol de vital importancia en el éxito del proyecto; asimismo, no se deben desconocer las recomendaciones presentadas por el fabricante sobre el correcto uso del equipo y el factor de seguridad en obra que no exceda las capacidades del equipo. (Swarup, 2012)

8.8 INADECUADO DESVÍO DEL FLUJO

Este tipo de tecnologías requiere que las redes no estén prestando el servicio y estén completamente secas. En el caso de acueductos se debe establecer cuáles son las válvulas de control cercanas al lugar de trabajo y la entidad a cargo de ellas, caso contrario en las tuberías de acueducto se realiza un bypass que suspende el paso del flujo dentro del tramo que se va a intervenir. Si no se realizan correctamente los trabajos de desviación, puede generar demoras en el inicio de la obra, suspensión prolongada de los servicios públicos y en el peor de los casos desbordamientos o reboces en las estructuras de desvío.

8.9 MAL MANEJO DE LAS CONSTRUCCIONES TEMPORALES

Para ejecutar actividades de renovación, rehabilitación y reemplazo de tubería, se debe contar con un acceso a la red, en algunos casos los pozos de inspección se utilizan para el ingreso al subsuelo, en caso contrario, se construyen entradas temporales para la realización del proyecto. Las entradas temporales deben construirse para asegurar la estabilidad lateral de las paredes y prevenir la deformación del suelo. Estos sistemas son generalmente los más vulnerables, por lo tanto tienden a sobre diseñarse, pese a esto, su costo es relativamente pequeño comparado con el costo de la obra principal. Si se presentan fallas en estas obras se generaran grandes retrasos en las siguientes actividades y excavaciones innecesarias. *(Swarup, 2012)*

8.10 INADECUADA INSTALACIÓN DEL MATERIAL

Aunque exista una buena planeación y diseño para la ejecución de la obra, si no existe una confirmación del método de instalación de los materiales, se producirán fallas en la ejecución del proyecto. La única solución para evitar estas eventualidades es seguir las especificaciones del fabricante y la normatividad vigente de cada país, que encaminen las buenas prácticas, y respeten las limitaciones y tolerancias de cada tecnología. *(Swarup, 2012)*

Adicionalmente, si existe una insuficiencia de materiales producto de una mala planificación, puede generar retrasos en el cumplimiento de las fechas límites de obra, que generan sobrecostos y promueve la improvisación por la inmediatez de las obras, es decir, se utilizan materiales no apropiados que suplen la necesidad del momento pero que disminuye su calidad. *(Swarup, 2012)*

8.11 INCUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CONTRATO

Una de las causas de la mala ejecución de las obras es producto de la negligencia de los contratistas y los interventores, que se rehúsan a seguir los detalles, materiales y obras planteadas en el contrato, debido a que la calidad es el principal parámetro de medida del éxito de la obra, e involucra la calidad lograda desde las etapas de diseño, proceso constructivo, instalación de los materiales y la calidad de la estructura construida bajo la normatividad vigente para cada tipo de obra. *(Swarup, 2012)*

8.12 OBRAS MAL REALIZADAS

Otra de las causas del fracaso de un proyecto es la presencia de obras mal realizadas. No existe justificación para estas situaciones, debido a qué, el interventor es el encargado de identificar las fallas prematuramente y recomendar inmediatamente al contratista las actividades que debe realizar para evitar errores en el futuro. (Swarup, 2012)

8.13 GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEFICIENTE

Una gestión deficiente trae como consecuencia el fracaso del proyecto. En primer lugar, es deber de la interventoría anticipar que cambios se pueden presentar en la obra para evitar sobrecostos. Esta es la primera alerta de una deficiente planeación o una mala gestión de los proyectos de tecnologías sin zanja, si es producto de una mala planeación se generaran sobrecostos debido al análisis incompleto de las características reales del terreno, un ejemplo de ello es: la presencia de patrones geológicos no detectados en los estudios previos, genera en la etapa de construcción situaciones donde la maquinaria no funciona o el riesgo se aumenta por la falta de estabilidad del terreno. Caso contrario, sucede cuando por una mala administración de las tecnologías por falta de experiencia o mala utilización de los equipos, los que generan sobrecostos y retrasos en la obra. (Swarup, 2012)

Otro factor que se debe evitar son los retrasos en el cronograma, dado que, las fechas límites se establecen para asegurar que todas las actividades y obras se realizan de acuerdo con las necesidades del proyecto. Si no se realizan en el tiempo estimado, se producirán obras incompletas, sobrecostos o en algunos casos abandono del proyecto. Además, los retrasos en la etapa de construcción generarán demoras en la iniciación de la fase de operación y mantenimiento. (Swarup, 2012)

8.14 MAL MANEJO DEL RIESGO

Los proyectos como tal enfrentan un sin número de desafíos e imprevistos que pueden generar retrasos en el cronograma de obra o ser perjudiciales para una parte del proyecto, por ello es necesario definir desde la planeación un plan de manejo de contingencias que permitan considerar todas aquellas medidas correctivas que se deben realizar, disminuyendo el impacto de la falla presentada. (Swarup, 2012)

En conclusión, los proyectos con tecnologías sin zanja presentan riesgos y fallas comunes a las actividades de infraestructura subterránea; las dos causas principales de fracaso de

una obra son el producto de una mala planeación y diseño, y una mala interventoría. La mitigación del riesgo es una de las funciones de la interventoría, de ella se espera que juegue un rol importante a la hora de analizar y tomar decisiones previas en pro de los intereses del proyecto, es por ello que se espera que la interventoría evalúe los puntos de falla anteriores para mejorar su gestión en este tipo de obras trenchless.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- i. Actualmente, el conocimiento sobre las tecnologías sin zanja en Colombia es muy limitado; esto ha creado vacíos significativos en temas como la planeación, la construcción y la interventoría realizadas para este tipo de obras. Las deficiencias generan escepticismo y desconfianza en el sector de la construcción, sobre la eficacia de estas metodologías. A pesar del importante crecimiento que ha tenido el gremio en los últimos años, y la difusión que ha realizado instituciones como ICTIS, se necesita ampliar esfuerzos en la promoción y divulgación entre todos los involucrados en la construcción de infraestructura subterránea (ingenieros, obreros, contratistas, interventores, contratantes etc.), para extender la confianza en el gremio, desarrollar capacidades e imponer esta tecnología como la primera alternativa para la construcción de redes de servicios públicos en ámbitos urbanos.

- ii. A pesar que, se han realizado un gran número de obras sin zanja con resultados exitosos, en la actualidad no hay un sector de la ingeniería como tal, que se dedique a la interventoría de proyectos para la instalación, rehabilitación o reemplazo de redes de servicios públicos ejecutados con tecnologías sin zanja. Sin embargo, esto no quiere decir que el interventor no realice el acompañamiento al contratista; por el contrario, se realiza pero no de la manera que se espera. Las deficiencias que se han encontrado en la labor de la interventoría para este tipo de proyectos son: la primera es la falta de familiaridad con la metodología, por lo cual no se involucra completamente en la inspección del proyecto y solamente verifica los parámetros comunes para este tipo de obras abandonando al contratista en los puntos críticos de la ejecución del proyecto. En segunda medida, el interventor se convierte en un obstáculo permanente al querer tomar decisiones desde las más simples a las más complejas. Debido a esto, el contratista debe enseñarle al interventor cómo funciona la tecnología, aun cuando, el contratante seleccionó al interventor por su experiencia e idoneidad.

- Hoy por hoy en Colombia, no existe una normatividad enfocada a las tecnologías sin zanja que defina de manera clara las prácticas para el diseño y la instalación de tubería sanitaria para estas metodologías. Asimismo, no existe un estándar para la realización de los ensayos que verifiquen las características físicas de los materiales instalados, únicamente se cuenta con Norma técnica NS-079 “*Criterios para la instalación de tuberías sin zanja para acueducto*”: Esta norma establece los parámetros de selección para rehabilitación o renovación de tuberías de acueducto; de la misma forma, se necesita una norma enfocada únicamente a alcantarillado para las tres aplicaciones típicas (instalación nueva, rehabilitación y

reemplazo). A pesar de, la existencia de los estándares europeos y americanos relacionados específicamente con el tema (ASTM, DIN, ISO; BS etc.), este tipo de normas no proporcionan las herramientas necesarias que necesita la interventoría colombiana, para realizar la inspección de las obras sin zanja según nuestras características particulares.

- iii. Las perspectivas de utilización de las tecnologías sin zanja para la instalación de tubería durante los próximos 10 años son grandes, debido a que representan una alternativa amigable con el medio ambiente y una solución eficaz, rápida, con menos impactos sociales; se van a consolidar como el reemplazo en gran parte de los métodos convencionales de zanja abierta. Este interés impulsa al sector, para mejorar las prácticas y estandarizar los procesos; que llenen los vacíos actuales y aumenten la confianza dentro del gremio. Dadas estas condiciones, se recomienda crear como primera medida una norma específica para la instalación nueva de tuberías de alcantarillado usando las metodologías Pipe Bursting, Microtunneling y sus variaciones (Auger Boring, Pipe Ramming, etc.). Como segunda medida se recomienda la creación de una norma para la rehabilitación y reemplazo de redes de alcantarillado usando las metodologías de CIPP, Pipe Bursting, etc. El alcance de estas normas será el cubrimiento de todo el espectro tecnológico actual y el espectro tecnológico futuro.
- iv. Dado el acercamiento que se tuvo con los principales actores de la construcción involucrados en este tipo de proyectos; se identificó la necesidad de la formación temprana por parte de las universidades a los futuros ingenieros, entorno a este tipo de tecnologías, que fomenten a través de la academia las buenas prácticas en la construcción de proyectos sin zanja, y que sean además una herramienta para la promoción y divulgación.
- v. Este trabajo de grado se enfocó en cuatro tecnologías sin zanja: Pipe Jacking, HDD, CIPP y Pipe Bursting, por ser las más utilizadas actualmente en el gremio de la construcción Colombiana. Dada la necesidad de incentivar el conocimiento en esta rama, se recomienda realizar un estudio sobre la labor de la interventoría en la inspección de redes de alcantarillado con tecnologías sin zanja, para las tecnologías que no se trataron en el presente manual como Pipe Ramming, instalación con dovelas, Auger Boring, Impact Molding entre otros.
- vi. Entre los problemas tratados en el capítulo 7, se hace referencia a la falta de personal entrenado y certificado en el manejo de los equipos propios de cada tecnología sin zanja. Durante la realización de este trabajo se identificó que, en el

contexto colombiano gran parte del personal que trabaja hoy en día dentro de esta área lo hace de manera empírica. Además, si se desea realizar una capacitación específica en alguna tecnología, se deben tomar cursos en el extranjero que generan nuevos costos al proyecto. A causa de esta preocupación, se deben crear programas de entrenamiento locales, en entidades como el SENA y de la mano de instituciones como ICTIS, que permitan la masificación y estandarización de las buenas prácticas, relacionadas con estas tecnologías, en temas como la instalación, manejo de maquinaria, soldadura de tubos, inspección de redes de alcantarillado, entre otros.

- vii. La mayoría de proyectos subterráneos no cuentan con la suficiente información de las condiciones del suelo, en ocasiones no existen mapas de la zona, y si existen no cuentan con un registro confiable donde se ubiquen los servicios públicos presentes en el subsuelo. Esta situación, incrementa el porcentaje de imprevistos en la obra, generando sobrecostos y un aumento del tiempo previsto para la ejecución. Dado lo anterior, se recomienda en próximos proyectos, realizar un trabajo para identificar el tipo de tecnologías existentes en el mercado para detectar redes subterráneas, y qué potencial tienen para ser aplicadas en los proyectos con tecnologías sin zanja.

- viii. Otro de los problemas tratados en el capítulo siete giraba en torno a la deficiente limpieza e inspección inicial que se realiza en la actualidad, especialmente para las obras de rehabilitación. Entorno a esta problemática la Universidad Javeriana, dentro del Departamento de Ingeniería Civil ha presentado una propuesta por medio del trabajo de grado denominado: *“Propuesta de elementos normativos sobre aspectos de limpieza, inspección y seguridad industrial que influyen en los procesos de rehabilitación de alcantarillado para Bogotá.”* Este trabajo se enfoca en la reformulación de las normas actuales para incentivar las buenas prácticas en la limpieza, inspección y trabajos confinados para las redes de alcantarillado. Este tipo de proyecto, junto con otros más, deben fomentar la creación definitiva de un estándar dentro de la norma actual que se enfoque en las particularidades de las tecnologías sin zanja.

- ix. Como parte de la formación que necesita implementarse para la inspección en redes de acueducto y alcantarillado en Colombia, se recomienda la capacitación en los cursos impartidos por la NASSCO, la Asociación Nacional Norteamericana de Compañías de Servicios de Alcantarillado, el cual ofrece ahora el Programa de Certificación para la Evaluación de Tuberías (PACP) completamente en español. PACP es el estándar para la identificación y la evaluación de defectos en tuberías de alcantarillado en Norteamérica. Provee estandarización y consistencia a los datos recolectados en inspecciones por videocámaras CCTV o mediante el ingreso de personal.

- x. Finalmente, durante el desarrollo de este proyecto se vió reflejado el interés que existe en materia de interventoría para obras sin zanja, debido a que, en la actualidad es inexistente un modelo de empresa que se enfoque en este tipo de obras. Dentro de este panorama, se puede incentivar la creación y consolidación de empresas de consultoría e interventoría enfocadas a las tecnologías sin zanja, por una parte, que incrementaría las buenas prácticas para el sector, y por otra representaría un modelo económico muy rentable.

CAPÍTULO 10

GLOSARIO

10 GLOSARIO

- **Acciones correctivas:** El objetivo de estas acciones es eliminar causas reales y potenciales de problemas o no conformidades, evitando así que estas incidencias puedan repetirse.
- **Acciones preventivas:** se anticipan a la causa, y pretenden eliminarla antes de su existencia. Evitan los problemas identificando los riesgos. Cualquier acción que disminuya un riesgo es una acción preventiva.
- **Acometida:** Derivación de la red de distribución que llega hasta el registro de corte de un usuario. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.
- **Atraque:** Evita que el tubo rote o se desplace.
- **AVN:** Máquina tuneladora con sistema de transporte de material por medio de mangueras, debido a su tamaño el operario no puede ingresar al túnel y la operación se realiza remotamente.
- **Brake:** Para el sistema de Pipe Bursting y HDD se denomina “brake” al cambio de las barras roscadas o varillas.
- **Campana y espigo:** Sistema de unión entre tuberías en el cual no se requiere de accesorios porque una tubería entra dentro de la otra.
- **Contratante:** Es el propietario de la obra quien efectúa la inversión puede ser realizada por la empresa pública o privada.
- **Contratista:** Es la persona natural jurídica encargada, de la ejecución de la obra o la prestación del servicio.
- **Cota clave o corona:** Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.
- **Cresta:** Punto más elevado de una estructura de rebose.
- **Cured In Place Pipe (CIPP)** Método de rehabilitación definido como tubería curada en sitio.
- **Delaminación:** Es un modo de falla de los materiales compuestos. En los materiales laminados, se produce por esfuerzos cíclicos repetidos e impacto, ocasionando que las capas se separen y se genere una pérdida significativa de tenacidad mecánica.
- **Diámetro nominal:** Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, a pesar de que algunas veces su valor no coincida con el diámetro real interno.
- **Efluente:** Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.
- **EPB (Earth Pressure Balance):** Máquina tuneladora con sistema de transporte de material a cielo abierto, el operario puede ingresar al túnel.

- **Eslingas:** Es el elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción. Consiste en una cinta con un ancho o largo específico cuyos extremos terminan en un lazo (ojo). Pueden ser hechas de un material sintético (poliéster generalmente) o acero.
- **Estanqueidad:** Propiedad de una red o tramo de alcantarillado de no permitir el flujo de agua desde y hacia el exterior, a través de las paredes de las tuberías, uniones y accesorios.
- **Ex filtración:** Escape del flujo de una tubería hacia el campo circundante a través de las tuberías, uniones y accesorios.
- **Extensómetros:** Instrumento de medición de deformación vertical del terreno.
- **GIS:** (Geographic Information System) o sistema de información geográfica, es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica.
- **Hermeticidad:** Propiedad de una red de alcantarillado de no permitir el flujo de aire ni otra sustancia gaseosa desde y hacia el exterior, a través de las paredes de las tuberías y las uniones.
- **Inclinómetros:** Son instrumentos topográficos usados para la detección de movimientos horizontales del subsuelo.
- **Infiltración:** Ingreso de agua subterránea a un sistema de tuberías desde el campo circundante, a través de las tuberías, uniones y accesorios.
- **Inversión:** es el proceso de revertir la felpa impregnada con la resina dentro del tubo mediante el uso de agua o aire a presión.
- **Joint Tester:** Equipo portátil probador de juntas “in situ”, el cual permite la verificación de la estanqueidad de las juntas de tuberías.
- **Know-how:** El know-how tiene una directa relación con la experiencia, es decir la práctica prolongada que proporciona conocimiento o habilidad para hacer algo
- **Manga o “Liner”:** es la felpa impregnada con resina.
- **Microtunneling (Microtuneleo):** Es una técnica de excavación para construir pequeños túneles. Estos túneles de pequeño diámetro hacen imposible tener un operador en la propia máquina. Por ello, la máquina debe ser operada remotamente.
- **NASSCO (National Association of Sewer Service Companies):** La Asociación Nacional Norteamericana de Compañías de Servicio de Alcantarillado, es una entidad que se compromete a establecer estándares para la evaluación y rehabilitación de tuberías subterráneas, y para asegurar la aceptación y crecimiento de las tecnologías sin zanja.
- **Sonómetro:** Es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado.
- **Silvicultura:** Es el cuidado de los bosques, cerros o montes.

- **PACP (Programa de Certificación para la Evaluación de Tuberías):** es el estándar para la identificación y la evaluación de defectos en tuberías de alcantarillado en Norteamérica. Provee estandarización y consistencia a los datos recolectados en inspecciones por videocámaras CCTV o mediante el ingreso de personal.
- **PDT (Programa detallado de trabajo):** También conocido como manual de procedimientos
- **PE:** Tubería de polietileno.
- **PEAD o HDPE:** (High Density Polyethylene Pipe): Tubería de polietileno de alta densidad.
- **Piezómetros de hilo vibrátil:** Consiste en dispositivos de medición que permiten la medición de la presión de los poros del agua. Este es un parámetro crítico en la resistencia de los suelos para el diseño de terraplenes y otras estructuras.
- **Pipe Bursting (Fragmentación de tubería):** es una tecnología sin zanja enfocada al reemplazo de la tubería, consiste en la instalación de una tubería nueva en el espacio ocupado por el tubo antiguo, el cual es destruido previamente y desplazado al suelo circundante.
- **Pipe Jacking (Empuje de tubería):** es una tecnología sin zanja para la instalación de tubería nueva, esta tecnología consiste en empujar la tubería desde un pozo de trabajo e ir hincándola en el terreno a la vez que por un mecanismo de rotación y un cabezal de corte que extrae el suelo de la excavación.
- **Planos “as built”:** Son los últimos planos de la obra, literalmente significa “como quedó construido”.
- **Pot life:** es el tiempo que se tiene desde que se mezcla dos sustancias reactivas hasta que esta mezcla es todavía utilizable sin perder sus propiedades.
- **Pozo de inspección o Manhole:** Es la abertura superior de una bóveda de servicios públicos subterráneos, este es el punto de ingreso hacia las tuberías y redes de servicios públicos subterráneos, es construido con el fin de acceder de forma rápida a las conexiones y realizar el mantenimiento de las mismas.
- **PU:** Poliuretano.
- **Refrentado:** Es un alisado o regularizado de la superficie de contacto del tubo con a placa de la prensa para que haga buen contacto y no se presenten irregulares que dañen la soldadura.
- **TBM (Tunnel Boring Machine):** Es una máquina capaz de excavar túneles a sección completa, a la vez que colabora en la colocación de un sostenimiento si este es necesario, ya sea en forma provisional o definitiva.

CAPÍTULO 11

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Ley 400 de 1997 “Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes.”
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=336>> [citado el 3 de julio del 2012]
- AseTUB, Asociación española de fabricantes de tubos y accesorios plásticos, Informe Técnico-Soldadura térmica en tuberías de polietileno (PE), 2010. 39p.
- ASTM. Standard Practice for: Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube. 2003. 7 p. (F 1216 – 03)
- BAOSONG, M. & NAJAFI, M. Development and applications of trenchless technology in China. En: Tunelling and Underground Space Technology. No. 23 (2008)
- BAUTISTA, Miguel. La interventoría y el control integral en la construcción urbana. 1 ed. Bogotá: Cargraphics, 1996. 184 p.
- DAZA, Juan. Criterio de selección de alternativas para rehabilitación, PAVCO [CD-ROM], Bogotá, ICTIS. 2010.
- EAAB, Aspectos Técnicos Para Inspección De Redes Y Estructuras De Alcantarillado. 2001. 33 p. (NS-058)
- ECOPETROL. Manual de funciones de interventores y administradores (2006).
<[http://www.ecopetrol.com.co/documentos/41718 ANEXO 8 -
_MANUAL DE FUNCIONES DE INTERVENTORES Y ADMINISTRADORES.p
df](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/41718_ANEXO_8_-_MANUAL_DE_FUNCIONES_DE_INTERVENTORES_Y_ADMINISTRADORES.pdf)> [citado el 24 de julio del 2012]

- ENTREVISTA con Juan Carlos Penagos. Ingeniería especializada de la EAAB. Bogotá, 20 de marzo del 2012.
- ENTREVISTA con Luis Alberto Jaramillo Gómez. Director del Departamento de Ingeniería Civil. Bogotá, 4 de septiembre del 2012.
- ENTREVISTA con Mario Pérez Acosta. Coordinador Renovación ZinZanja Mexichem Colombia S.A.S. Bogotá, 18 de abril del 2012.
- ENTREVISTA con Alexander Vargas. Director oficina técnica. Titán. Bogotá, 20 de Noviembre del 2012.
- EPA (Environmental Protection Agency), A retrospective evaluation of Cured-In-Place Pipe (CIPP) used in municipal gravity sewers. Estados Unidos: EPA, 2011. 232 p.
- EPA 2, (Environmental Protection Agency), Quality Assurance and Quality Control Practices for Rehabilitation of Sewer and Water Mains. Estados Unidos: EPA, 2011. 67 p.
- EPM. Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM (2009) http://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/NormasDisenoSistemasAcueducto.pdf [citado el 15 de agosto del 2012]
- FSTT, French Society for Trenchless Technology. Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations. ISTE, 2006. 342 p. ISBN 9781905209002
- GUTIERREZ MONSALVE, Juan Carlos. Method selection for trenchless technology (tt) in South America. Louisiana, 2006, 175 h. Trabajo de grado (Master of Science in Civil Engineering). Louisiana Tech University.

- IBSTT. Asociación Ibérica de Tecnología sin Zanja (2011). <<http://www.ibstt.org/>> [citado el 5 de junio del 2011]
- ICTIS, Presentación <<http://www.ictis.org/info.html>> [citado el 10 de septiembre del 2012]
- IKT, Institute for Underground Infrastructure, Liner report. Alemania: IKT, 2007. 8 p.
- IPBA, A Guideline Specification for the Replacement of Mainline Sewer Pipes By Pipe Bursting.
< http://www.ipbaonline.org/wp-content/uploads/2012/06/mainline_spec.pdf>
[citado el 2 de octubre del 2012]
- ISTT, The International Society for Trenchless Technology <www.istt.com> [citado el 10 de septiembre del 2012]
- JARAMILLO, Luis Alberto. (2010), "Rehabilitación de redes de infraestructura subterránea" [foro], en Conferencia de apertura sobre rehabilitación de infraestructura, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- JIMÉNEZ, Manuel. Interventoría de proyectos públicos. 1 ed. Bogotá: Centro de Investigaciones para el desarrollo: Universidad Nacional de Colombia, 2007. 189 p. ISBN 978-958-701-913-1
- KOZMAN, David. 21st Century Resin Alternatives for Pipe Rehabilitation. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA (2º: 2012: Cartagena)
- LOBO GUTIÉRREZ, Johanna María, Tecnología sin zanjas una solución para la instalación de tuberías subterráneas, sin excavación; estado de conocimiento usos y aplicaciones en Colombia, 1997, Trabajo de grado, Carrera de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

- MALDONADO, José. Manual guía de interventoría de obra. <<http://www.siceditorial.com/ArchivosObras/obrapdf/TA03052332005.pdf>> [citado el 19 de julio del 2012]
- MALDONADO, Luis Guillermo. Tecnologías Trenchless (sin zanja). En: SEMINARIO APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS E INFRAESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS. (2010 : Bogotá)
- MINISTERIO DE AMBIENTE, <www.minambiente.gov.co/.../MANUAL_INTERVENTORIA.doc> [citado el 2 de octubre del 2012]
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Manual De Procedimientos de Interventoría y Supervisión de Contratos. <http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2010/DA/247000001/10-15-332478/DA_PROCESO_10-15-332478_247000001_1662859.pdf> [citado el 3 de julio del 2012]
- Missouri, Trenchless Construction Methods, and Implementation Support. <<http://168.166.124.22/RDT/reports/Ri02003/or06007.pdf>> [citado el 7 de Noviembre del 2012]
- NAJAFI, Mohammad. Trenchless Technology Piping Installation and Inspection. McGraw Hill, 2010. 480 p. ISBN 978-0-07-164088-6
- O-tek, Especificación técnica Cured In Place Pipe (2012) <<http://69.195.100.194/otek/images/pdfs/cctv.pdf>> [citado el 1 de septiembre del 2012]
- PAVCO, Procedimiento de ejecución de proyectos: redes de alcantarillados. Versión 2. Bogotá, 2011. 9p.

- PJA, Pipe Jacking Association. < <http://www.pipejacking.org/>> [citado el 7 de Noviembre del 2012]
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española Vigésima segunda edición. <<http://lema.rae.es/drae/?val=interventor%C3%ADa>> [citado el 3 de julio del 2012]
- SECRETARÍA DISTRITAL DE EDUCACIÓN. RESOLUCIÓN 3616 DE 2003 “Por la cual se implementa el manual sobre el ejercicio de la función de interventoría a los contratos celebrados por la Secretaría de Educación del Distrito Capital”. <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18334>> [citado el 3 de julio del 2012]
- SENA. Capacitación en contratación (2007). <<http://www.sena.edu.co/downloads/2007Portal/Juridica/Circulares/CIRCULAR%20019-2007.pdf>> [citado el 24 de julio del 2012]
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE ARQUITECTOS. Decreto 2090 de 1989 “Por el cual se aprueba el Reglamento de Honorarios para los trabajos de Arquitectura”. <<http://www.scasantander.org/leyes/dec%202090%202000.pdf>> [citado el 3 de julio del 2012]
- SUÁREZ BELTRÁN & ASOCIADOS. Régimen Jurídico de la supervisión e interventoría del contrato estatal. <<http://es.scribd.com/doc/54176729/Supervision-Interventoria>> [citado el 24 de julio del 2012]
- SWARUP, Niranjan. Manual of Trenchless Project Supervision. Nueva Delhi: IndSTT, 2012. 256 p.
- TERRAIGUA, Sistemas de Rehabilitación de tuberías. España: Terraigua, 2012. 36 p.

- THOMSON, James. Pipe Jacking and Microtunneling. 1 ed. Blackie Academic and Professional, 1993. 273 p. ISBN 0751401021
- UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL (UAERMV). Manual De Interventoría (2008). <<http://www.umv.gov.co/archivos/docs/Manual%20de%20interventoria%20UAERMV.pdf>> [citado el 3 de julio del 2012]
- UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS. Environmental Health and Safety (2009). el <<http://www.ehs.umass.edu/>> [citado el 1 de Noviembre del 2012]
- URDANETA, Germán. Interventoría de obra pública. 1 ed. Bogotá: Centro Editorial Javeriano (CEJA), 1998. 317 p. (Biblioteca del profesional) ISBN 958-683-025-X
- VISITA DE OBRA Otek, Obra de CIPP en la calle 10 entre las carreras 26 y 27. Bogotá, 26 de mayo de 2012.

*Las normas ASTM fueron consultadas mediante el convenio que tiene la universidad Javeriana.