

**Elaboración de la segunda fase del manual de interventoría para  
la instalación, reemplazo y rehabilitación de infraestructura  
subterránea mediante el uso de tecnologías sin zanja.**

**Proyecto de Grado para optar al título de Ingenieros Civiles**

**Paula Andrea Rozo Mendoza**

**C.c. 1.020.776.638**

**Carlos Alfonso López Hoyos**

**C.c. 1.020.774.213**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Facultad de ingeniería**

**Ingeniería civil**

**Bogotá**

**2014**



**Elaboración de la segunda fase del manual de interventoría para la instalación, reemplazo y rehabilitación de infraestructura subterránea mediante el uso de tecnologías sin zanja.**

**Modalidad: Monografía**

**Estudiantes:**

**Paula Andrea Rozo Mendoza**

**C.c. 1.020.776.638**

**Carlos Alfonso López Hoyos**

**C.c. 1.020.774.213**

**Director:**

**Luis Alberto Jaramillo Gómez**

**Ingeniero civil**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Facultad de ingeniería**

**Ingeniería civil**

**2014**



## **Nota de aceptación**

El trabajo de grado, en modalidad de monografía titulado: “Elaboración de la segunda fase del manual de interventoría para la instalación, reemplazo y rehabilitación de infraestructura subterránea mediante el uso de tecnologías sin zanja”, desarrollado por los estudiantes Paula Andrea Rozo Mendoza y Carlos Alfonso López Hoyos en busca del cumplimiento de uno de los requisitos impuestos por la Pontificia Universidad Javeriana para poder alcanzar el título de Ingeniero civil, fue aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Firma del evaluador

Nombre: \_\_\_\_\_

C.c.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma del director

Luis Alberto Jaramillo Gómez

C.c. 19.267.658

Bogotá, 09 de diciembre de 2014



## **Dedicatorias**

Este trabajo es para quienes me han  
demostrado su incondicional apoyo  
durante toda mi vida y formación,  
mis padres.

~Paula

Dedico este trabajo a mis padres y  
hermanos, quienes siempre  
me apoyaron en mi formación  
profesional y personal.

~Carlos



## **Agradecimientos**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes día a día con cada uno de sus actos y palabras nos dieron el soporte para formarnos integra y profesionalmente de la misma manera en que nos motivaron a continuar con un proceso largo de formación.

Agradecemos al ingeniero Luis Alberto Jaramillo, por su constante acompañamiento, interés y apoyo con este trabajo de grado, sin su colaboración esto no sería posible.

De la misma manera queremos expresar nuestra gratitud con el ingeniero Arlex Toro, director ejecutivo de ICTIS (Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea), con los ingenieros Oscar Vizcaíno Céspedes y José Manuel de la Torre Sosa, de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), con el ingeniero Juan Carlos Moreno de la empresa Herrenknecht, con el ingeniero Gonzalo Álvarez de la empresa Tecmeco, con los ingenieros Alex Vargas y Francisco Beltrán de la compañía Titán Cemento.

Finalmente, agradecemos a la Pontificia Universidad Javeriana por prestarnos los recursos precisos para la realización de este trabajo, a todos los profesores que nos proporcionaron los conocimientos necesarios para poder realizar este trabajo y finalmente a nuestros amigos que hicieron posible y brindaron toda su disposición para la ejecución de esta monografía.



## Contenido

1. Introducción.....	21
2. Justificación.....	22
3. Aspectos generales de la interventoría en obra.....	23
3.1 Perfil del interventor .....	23
3.2 Responsabilidad legal .....	24
3.3 Funciones generales del interventor (Fonade, 2013) .....	24
3.3.1 Conocer las políticas de la entidad contratante.....	25
3.3.2 Conocer las condiciones del contrato.....	25
3.3.3 Conocer los estudios y la situación del proyecto.....	25
3.3.4 Revisar periódicamente el presupuesto y la programación de obra ..	25
3.3.5 <i>Realizar</i> observaciones .....	26
3.3.6 Elaborar informes .....	26
3.3.7 Realizar actas de reunión.....	26
3.3.8 Verificar cumplimiento de requisitos por parte del recurso humano... 26	
3.3.9 Comprobar afiliaciones de salud ocupacional y seguridad industrial .	27
3.3.10 Terminación y liquidación del proyecto .....	27
4. Aspectos propios de la interventoría de tecnologías sin zanja.....	27
4.1 Responsabilidad legal del interventor técnico para obras realizadas con tecnologías sin zanja .....	29
4.2 Requisitos del interventor técnico de obras con tecnologías sin zanja .	29
4.3 Funciones del interventor técnico para obras realizadas con tecnologías sin zanja (Fonade, 2013).....	30
5. Descripción de las tecnologías.....	32
5.1 Descripción de la tecnología Auger Boring (Tornillo sin fin) .....	34
5.1.1 Consideraciones para selección de Auger Boring.....	36
5.1.2 Dimensiones de tuberías para Auger Boring.....	37
5.1.3 Suelos aplicables para Auger Boring .....	38
5.1.4 Direccionamiento en Auger Boring .....	39
5.1.5 Pozos en Auger Boring.....	40
5.1.6 Operador para máquina del tornillo sin fin.....	41

5.1.7	Limpieza de tubería en Auger Boring .....	41
5.2	Descripción de la tecnología Impact Moling (Topo de percusión) .....	41
5.2.1	Consideraciones para selección de Impact Moling .....	43
5.2.2	Dimensiones de tuberías para Impact Moling .....	44
5.2.3	Suelos aplicables para Impact Moling .....	44
5.2.4	Pozos en Impact Moling .....	45
5.2.5	Profundidades para Impact Moling .....	46
5.2.6	Instalación y direccionamiento de tuberías en Impact Moling .....	46
5.2.7	Operador de topo de percusión .....	47
5.2.8	Lubricantes para topes de percusión .....	47
5.2.9	Velocidades de Impact Moling .....	47
5.2.10	Temperatura externa para Impact Moling .....	48
5.3	Descripción de la tecnología Pipe Ramming (hincado de tubería) .....	48
5.3.1	Materiales en tuberías de Pipe Ramming .....	49
5.3.2	Instalación y direccionamiento de tuberías en Pipe Ramming .....	50
5.3.3	Dimensiones de tuberías para Pipe Ramming .....	52
5.3.4	Equipos utilizados en Pipe Ramming .....	53
5.3.5	Limpieza de tuberías en Pipe Ramming .....	55
5.3.6	Suelos aplicables para Pipe Ramming .....	55
5.3.7	Recomendaciones varias para Pipe Ramming .....	55
6.	Interventoría en Auger Boring .....	56
6.1	Cuadro normativo .....	56
6.2	Plan de manejo de tránsito (PMT) .....	59
6.3	Inspección de infraestructura aledaña existente .....	60
6.4	Materiales .....	60
6.4.1	Tuberías de polietileno .....	61
6.4.2	Tubos de concreto .....	62
6.4.3	Tubos en PVC .....	62
6.4.4	Tuberías de acero .....	63
6.5	Disposición del sitio de obra .....	64
6.6	Pozos de acceso .....	64

6.7	Instalación y manejo de equipos.....	65
6.8	Manejo de flujo.....	66
6.9	Aplicación de la tecnología .....	66
6.9.1	Tuberías .....	67
6.9.2	Excavación .....	70
6.9.3	Instalación de la tubería .....	70
6.10	Seguridad industrial .....	71
6.11	Manejo impacto ambiental .....	73
6.11.1	Maquinaria y equipos .....	74
6.11.2	Manejo de residuos .....	76
6.11.3	Residuos líquidos .....	78
6.11.4	Horarios .....	79
6.11.5	Limpieza de la obra .....	79
6.11.6	Reforestación .....	79
6.12	Conexión e inspección del trabajo realizado.....	80
6.12.1	Inspección .....	80
6.12.2	Pruebas .....	81
6.12.3	Conexiones.....	82
6.13	Criterios de aceptación .....	82
6.14	Restitución del espacio .....	86
7.	Interventoría en Impact Moling .....	87
7.1	Cuadro normativo.....	88
7.2	Plan de manejo de tránsito (PMT) .....	90
7.3	Inspección de infraestructura aledaña. ....	90
7.4	Materiales.....	91
7.4.1	Tuberías de polietileno .....	92
7.4.2	Tubos de concreto .....	93
7.4.3	Tubos en PVC .....	93
7.4.4	Tuberías de acero .....	94
7.5	Disposición del sitio de obra. ....	95
7.6	Pozos de acceso.....	95

7.6.1	Dimensiones.....	96
7.6.2	Profundidades.....	96
7.6.3	Taludes.....	97
7.7	Instalación y manejo de equipos.....	97
7.7.1	Rieles.....	98
7.7.2	Compresor de aire.....	98
7.7.3	Mangueras.....	99
7.7.4	Topo de percusión.....	99
7.8	Manejo del flujo.....	99
7.9	Aplicación de las tecnologías.....	99
7.9.1	Tuberías.....	100
7.9.3	Instalación de la tubería.....	103
7.10	Seguridad industrial.....	104
7.11	Manejo de impacto ambiental.....	106
7.11.1	Maquinaria y equipos.....	107
7.11.2	Manejo de desechos.....	109
7.11.3	Residuos líquidos.....	111
7.11.4	Horarios.....	112
7.11.5	Limpieza de la obra.....	112
7.11.6	Reforestación.....	113
7.12	Conexión e inspección del trabajo realizado.....	113
7.12.1	Inspección.....	113
7.12.2	Pruebas.....	114
7.12.3	Conexión.....	114
7.13	Criterios de aceptación.....	115
7.14	Restitución del espacio.....	119
8.	Interventoría en Pipe Ramming.....	120
8.1	Cuadro normativo.....	121
8.2	Plan de manejo de tránsito (PMT).....	124
8.3	Inspección de infraestructura existente aledaña.....	124
8.4	Materiales.....	124

8.4.1	Tuberías de polietileno .....	125
8.4.2	Tubos de concreto .....	126
8.4.3	Tubos en PVC .....	126
8.4.4	Tuberías de acero .....	127
8.5	Disposición del sitio de obra .....	128
8.6	Instalación y manejo de equipos .....	129
8.7	Pozos de acceso .....	130
8.8	Manejo del flujo .....	130
8.9	Aplicación de las tecnologías .....	131
8.9.1	Tubería .....	131
8.9.2	Excavación .....	134
8.9.3	Instalación de la tubería .....	134
8.10	Seguridad industrial .....	135
8.11	Manejo del impacto ambiental .....	137
8.11.1	Maquinaria y equipos .....	137
8.11.2	Manejo de residuos .....	140
8.11.3	Residuos líquidos .....	141
8.11.4	Horarios .....	142
8.11.5	Limpieza de la obra .....	142
8.11.6	Reforestación .....	143
8.12	Conexiones e inspección del trabajo terminado .....	143
8.12.1	Inspección .....	144
8.12.2	Pruebas .....	145
8.12.3	Conexiones .....	145
8.13	Criterios de aceptación .....	146
8.14	Restitución del espacio y limpieza tubería .....	148
9.	Casos de estudio de tecnologías sin zanja .....	149
9.1	Caso Auger boring: Desafíos en las Islas Vírgenes (Veidmark, Arvid, 2009)	149
9.2	Caso Impact Moling: Fuga de agua en tubería doméstica, Inglaterra (Mosely, 2014)	151

9.3 Caso Pipe Ramming: Instalación de tuberías de acero mediante Pipe Ramming para atravesar la pista de aterrizaje y la calzada exclusiva de las taxis en el aeropuerto internacional Capodichino, Napoles (Chianese, 2007b).....	152
10. Conclusiones y recomendaciones.....	153
11. Glosario .....	155
12. Referencias bibliográficas .....	157

## Índice de anexos

Anexo 1: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Auger Boring.

Anexo 2: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Impact Moling.

Anexo 3: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Pipe Ramming.

Anexo 4: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Auger Boring.

Anexo 5: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Impact Moling.

Anexo 6: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Pipe Ramming.

Anexo 7: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Auger Boring.

Anexo 8: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Impact Moling.

Anexo 9: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Pipe Ramming.

Anexo 10: Requisitos del operario de máquina de tornillo sin fin.

Anexo 11: Requisitos del operario de máquina del topo de percusión.

Anexo 12: Requisitos del operario de máquina del hincado de camisas de acero.

## Índice de imágenes

Imagen N°1: ¿Por qué sin zanja?

Imagen N°2: Clasificación tecnologías sin zanja

Imagen N°3: Auger Boring.

Imagen N°4: Cabeza tornillo sin fin.

Imagen N°5: Cabeza tornillo sin fin2.

Imagen N°6: Máquina tornillo sin fin.

Imagen N° 7: Direccionamiento tornillo sin fin.

Imagen N° 8: lineamiento Impact Moling.

Imagen N° 9: Procedimiento Impact Moling.

Imagen N°10: Pozo Impact Moling.

Imagen N°11: Pipe Ramming

Imagen N°12: Hoyo de inserción.

Imagen N°13: Vista superior y lateral del pozo de inserción Pipe Ramming

Imagen N°14: Elementos principales en Pipe Ramming

Imagen N°15: Accesorios rammers.

Imagen N°16: Montacargas para transporte de tuberías.

Imagen N°17: Cama de tubos.

Imagen N°18: Ejemplo de rotulación en tuberías.

Imagen N°19: Diagrama de flujo proceso de conexión.

## Índice de Tablas

Tabla N°1: Tipos de suelo aptos para Auger Boring. (Abbott, 2005).

Tabla N°2: Diámetros según los autores.

Tabla N°3: Diámetro nominal de la tubería en relación al espesor de la tubería y a la longitud de la perforación

Tabla N°4: Información técnica equipos Pipe Ramming

Tabla N°5: Cuadro normativo para Auger Boring.

Tabla N°6: Equipos para utilización de la máquina del tornillo sin fin.

Tabla N°7: Ensayos para tubería en polietileno

Tabla N°8: Ensayos para tubería PVC

Tabla N°9: Especificaciones y ensayos en tuberías de acero

Tabla N°10: Especificaciones en función del material de recubrimiento

Tabla N°11: Criterios de aceptación Auger Boring.

Tabla N°12: Cuadro normativo para Impact Moling.

Tabla N°13: Criterios de aceptación Impact Moling.

Tabla N°14: Cuadro normativo Pipe Ramming.

Tabla N°15: Criterios de aceptación Pipe Ramming.

Tabla N°16: Análisis de ventajas y desventajas Caso Auger Boring: Refinería de petróleo en islas Vírgenes

## Lista de abreviaturas

- PMT: Plan de Manejo de tránsito.
- CIPP: Cured in place pipe (Allouche et al., 2014).
- HDD: Horizontal directional drilling (Liu and Wang, 2014).
- ICTIS: Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea.
- PMT: Plan de manejo de tránsito
- ISTT: International society of trenchless technologies.
- ARL: Aseguradora de riesgos laborales.
- TT: Trenchless technologies.
- PVC: Policloruro de vinilo.
- ASCE: American Society of civil engineer (Roger Brockenbrough and Frederick S. Merritt, 2011).
- ISO: International organization for standardization.
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- INVIAS: Instituto nacional de vías.
- DIN: *Deutsches Institut für Normung*.
- DVGW: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches
- BS: *British Standards*
- EPS: Empresa prestadora de salud.
- NEGC: Normas y especificaciones generales de construcción.
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- NTC: Norma Técnica Colombiana.
- PE: Polietileno.
- AWWA: American Water Works Association.
- NSF: *National Science Foundation*
- CONVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ANSI: American National Society Institute.
- NS: Norma técnica de Servicio.
- CCTV: Circuito cerrado de televisión.
- EPM: Empresas públicas de Medellín.
- EAAB: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- SISO: Seguridad industrial y salud ocupacional.
- RDE: Relación diámetro espesor.

## 1. Introducción

Como una contribución al tema de la aplicación de las tecnologías sin zanja para la construcción de redes de infraestructura, tema de gran relevancia en la ingeniería civil, se presenta este proyecto de grado, la continuación del Manual de Interventoría que se desarrolló, en su primera parte, en del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana (Mahecha, 2013). Esta primera parte se desplegó alrededor de las siguientes tecnologías: CIPP, Pipe Jacking y HDD.

En la estructuración de esta segunda fase del Manual de Interventoría se ha buscado mantener una metodología uniforme con la propuesta del ingeniero Sergio Mahecha, que necesariamente queda reflejada en el texto de este proyecto de grado.

En el alcance de este documento se han abordado tres nuevas tecnologías: Auger Boring, Impact Molding y Pipe Ramming, para lo cual este documento se ha organizado de la siguiente manera.

Se inició con un capítulo que explica los aspectos generales de la interventoría, cuales son las funciones, las responsabilidades y los requisitos para desempeñar de manera correcta este papel. El capítulo siguiente se enfocó en la interventoría técnica de obras que utilicen tecnologías sin zanja. En el capítulo cinco se describieron las tecnologías, indicando como es su funcionamiento, sus principales características de diseño, etc. Los capítulos seis, siete y ocho se concentran en los aspectos específicos de la interventoría de cada una de las tres tecnologías. Consecuentemente, se abordaron los mismos tópicos para cada una de las tecnologías, repitiendo en algunos casos temáticas comunes a las mismas, esto con el fin de mantener la integridad de materia para cada una de ellas. En el capítulo nueve se relatan casos de estudio de cada una de las tecnologías, posteriormente en el capítulo 10 se hacen conclusiones y recomendaciones para este trabajo. En una última parte se incluye un glosario de la terminología más relevante para el tema de interventoría de las tecnologías sin zanja tratadas en este documento.

## 2. Justificación

Teniendo en cuenta los altos impactos generados por la construcción y rehabilitación de infraestructura subterránea en los espacios urbanos, cada vez más congestionados, se imponen con fuerza las denominadas tecnologías sin zanja (trenchless technologies). Por ejemplo la rehabilitación e instalación de tuberías en Estados Unidos representa un monto aproximado de 1.6 trillones de dólares en los próximos cinco años para la industria de la construcción (Pacheco-Torgal, Abdollahnejad, Miraldo, Baklouti, & Ding, 2012) (Pacheco-Torgal et al., 2012b), y por tal motivo es que durante los últimos años los ingenieros de diferentes partes del mundo se han enfrentado a diferentes retos para encontrar nuevos métodos para la instalación y rehabilitación de tuberías subterráneas que hayan sufrido un deterioro (2010) utilizando tecnologías sin zanja (Ma and Najafi, 2008; Sen Gupta et al., 2001), de modo que se tenga la menor afectación posible; tanto ambiental como socioeconómica.

En el país recientemente se ha venido utilizando la tecnología sin zanja para el cambio, la reparación y la construcción de tuberías ya que disminuye significativamente los impactos en el entorno urbano tales como la alteración de la movilidad (Sergio Mahecha, 2012), la afectación de la economía del lugar y los impactos medio ambientales son sustancialmente menores que aquellos causados por obras convencionales con zanja abierta (Ariaratnam et al., 2014). En este escenario no se cuenta aún con el desarrollo suficiente de capacidades; particularmente en el campo de la interventoría de obras.

Desde años anteriores, en distintos escenarios, como por ejemplo en congresos de ICTIS (Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea), los constructores y las empresas de servicios públicos se han venido manifestando sobre la deficiente preparación y experiencia de los interventores, razón por la cual el departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana (perteneciente al ICTIS) impulsó la realización de un manual de interventoría, cuyo alcance se describió anteriormente. En este proceso se estableció la carencia a nivel nacional e internacional de documentos relativos a dicho tema. Una de las pocas referencias encontradas fue el manual de supervisión de la ISTT de la India.

### **3. Aspectos generales de la interventoría en obra.**

La interventoría es la actividad que tiene como objeto verificar el cumplimiento de los términos pactados en un contrato, el cual es celebrado entre una entidad o persona contratante (cliente) y un contratista (quien ejecuta el contrato) durante su desarrollo y hasta la finalización del mismo. La interventoría es llevada a cabo por una persona o empresa que esté capacitada con conocimientos técnicos adecuados al objeto y características de la obra. Además, el interventor debe ser ajeno a cualquiera de las partes que conforman el contrato. También se puede definir la interventoría como una consultoría que impone una opinión adicional siempre velando por el beneficio del objeto del contrato (Aarón, E et al., 2009). Igualmente, es importante aclarar que un contrato es un acuerdo de voluntades entre dos partes en el cual se establecen compromisos y condiciones que deben cumplirse bajo la vigilancia del interventor, tales como: calidad, tiempo, costos, entre otros.

La persona o empresa que haga la interventoría de un contrato podrá resolver, dependiendo de la complejidad del asunto, los inconvenientes de carácter urgente que se presenten en la ejecución del contrato (Aarón, E et al., 2009). De conformidad con la Ley 80 de 1993, en su artículo 32, la interventoría es considerada como una subcategoría de la rama de la consultoría de obras y por lo tanto el modo de escogencia se debe realizar mediante un concurso de méritos (Aarón, E et al., 2009).

#### **3.1 Perfil del interventor**

El interventor debe ser un profesional que cuente con experiencia en el campo. Los conocimientos de este deben ser suficientes para identificar y prevenir inconvenientes; ya sean de carácter técnico o administrativo. Por tanto debe estar preparado para trabajar bajo presión.

Un interventor se hace más idóneo para su escogencia si este ha desempeñado cargos similares en anteriores oportunidades, de modo que tenga capacidad crítica para reconocer los errores de la obra y debe colaborar con el contratista en la búsqueda de las soluciones de la misma.

La entidad contratante busca en el interventor un sentido ético y moral, puesto que esta figura es la encargada del cumplimiento de las exigencias en el contrato. Una falla en esto puede traer inconvenientes no solo para el interventor, sino también para el contratante y el contratista, sin contar los perjuicios que esto podría traer en la obra.

### **3.2 Responsabilidad legal**

En caso de que se presente una falla en lo acordado en un contrato de obra pública, el interventor tendrá responsabilidad legal tanto en el derecho penal como en el civil según la Ley 80, pues este deberá responder por haber actuado con mala fe, ya sea por negligencia, omisión, impericia o imprudencia (Aarón, E et al., 2009).

Esta figura sería castigada por la Procuraduría General de la Nación, según el numeral 6 del artículo 277 de la Constitución. En el momento en que se firma el contrato, el interventor pasa a ser considerado como un servidor público y en caso de que se incurra en faltas, se considerará que habrá actuado erróneamente en el sentido disciplinario. También será castigado por la Contraloría debido al mal uso de los recursos públicos, según lo establecido en la Ley 610 del 2000 (Aarón, E et al., 2009). Por otro lado, en las obras privadas dependerá del contratante las medidas legales que se apliquen en contra del interventor, en el momento en el que sucedan irregularidades.

### **3.3 Funciones generales del interventor (Fonade, 2013)**

A continuación se hace una breve descripción de las funciones generales de un interventor que enmarcan las funciones particulares derivadas de la aplicación de las tecnologías sin zanja.

### **3.3.1 Conocer las políticas de la entidad contratante**

El interventor debe estar al tanto de las políticas de contratación e interventoría de la entidad contratante, ya que estas pueden variar según el ente que desee ejecutar la obra.

### **3.3.2 Conocer las condiciones del contrato**

Es función de la persona a cargo del papel de interventor, conocer todas las condiciones y términos pactados en el contrato, de modo que pueda verificar su debido cumplimiento a la hora de la realización y la entrega del producto; ya sea un bien o un servicio.

### **3.3.3 Conocer los estudios y la situación del proyecto**

Previo al inicio de la ejecución del proyecto se deben revisar todos los estudios. De la misma manera se deben tener en cuenta las condiciones del predio donde se encuentra el proyecto, la tramitación legal, los permisos ambientales y las garantías de este.

### **3.3.4 Revisar periódicamente el presupuesto y la programación de obra**

Se debe solicitar al contratista el presupuesto y la programación real de la obra para verificar que se esté cumpliendo con lo pactado en el contrato, es decir, los tiempos y el uso adecuado de los recursos monetarios.

### **3.3.5 Realizar observaciones**

El interventor debe realizar observaciones en los informes, dando su concepto y anotando detalladamente cómo va el avance del proyecto.

### **3.3.6 Elaborar informes**

Periódicamente se deben realizar informes donde se consigne la calidad de los materiales, el avance del proyecto y la situación del presupuesto. En estos se adjuntan las observaciones que el interventor tenga sobre la ejecución de la obra.

### **3.3.7 Realizar actas de reunión**

Se deben programar reuniones con el contratista, de modo que se conozcan los inconvenientes y conjuntamente se planea la solución de estos. De igual manera, se debe consignar todo lo hablado en la reunión en un acta, en la cual se evidencien los acuerdos a los que se ha llegado.

### **3.3.8 Verificar cumplimiento de requisitos por parte del recurso humano**

Es obligación del interventor inspeccionar que las personas involucradas en el proyecto por parte del contratista, cumplan con los requisitos exigidos y propuestos en el contrato, como pueden ser una formación técnica o universitaria. Así mismo, en caso que se presente un cambio de personal, se debe verificar que el nuevo empleado cumpla con los requisitos exigidos.

### **3.3.9 Comprobar afiliaciones de salud ocupacional y seguridad industrial**

Se debe hacer seguimiento a las afiliaciones de los empleados del contratista al respectivo sistema de salud, como ARL (Aseguradora de Riesgos Laborales), régimen de pensiones y salud. El interventor también deberá asegurarse que las personas que ingresen a la obra lleven los implementos de seguridad industrial necesarios, puesto que si hay algún tipo de accidente, la interventoría incurrirá en una falta por no hacer cumplir los términos de seguridad pactados en el contrato.

### **3.3.10 Terminación y liquidación del proyecto**

Una vez culminada la construcción de la obra, el interventor debe elaborar las actas de terminación del proyecto y de recibo a satisfacción de parte del contratante.

## **4. Aspectos propios de la interventoría de tecnologías sin zanja.**

La interventoría técnica para obras en las cuales se utilice la tecnología 'sin zanja' (Trenchless) está encargada de inspeccionar, controlar y solicitar correcciones que considere pertinentes en los aspectos relacionados con los métodos constructivos, para garantizar una correcta realización de la obra. La interventoría debe ser realizada por una persona natural o jurídica, experta en el tema y ajena al contrato. Mediante la interventoría se busca:

- El cumplimiento minucioso por parte del contratista de los requerimientos constructivos asociados a cada una de las tecnologías.
- Minimizar los daños ocasionados a otra infraestructura subterránea y/o superficial.
- Salvaguardar la calidad de las obras realizadas con tecnología sin zanja, evitar sobrecostos y prevenir situaciones riesgosas en la zona de influencia de las obras.

- Propender por el cumplimiento estricto de los cronogramas establecidos para la instalación de infraestructura subterránea

El interventor debe ser una persona con capacitación en el tema para controlar la parte técnica de las obras ejecutadas mediante tecnologías sin zanja; preferiblemente con estudios universitarios en ingeniería civil o mecánica, con amplios conocimientos en la materia (Fonade, 2013).

De igual manera, el ingeniero debe contar con conocimientos minuciosos acerca de la tecnología escogida para la ejecución de la obra. Lo anterior debido a que los métodos constructivos sin zanja son particularmente meticulosos, de modo que se debe supervisar y controlar cada pequeño detalle en cada una de las tareas a realizar. Cabe resaltar que cada error en este tipo de contratos puede repercutir en problemas mayores, debido a que la complejidad de algunas tecnologías no permiten la corrección de errores de manera sencilla (Fonade, 2013).

Por otro lado, el interventor debe contar con las habilidades necesarias para poder interpretar los estudios del proyecto. Así mismo, debe contar con una capacidad suficiente de discernimiento para reaccionar ante problemas en la obra y escoger la medida adecuada para dar solución a los mismos. Por ende, es necesario que el individuo pueda actuar y tomar decisiones bajo presión en el momento en que ocurran percances en la construcción. Estas decisiones no deben ser tomadas a la ligera y deben ser hechas con base en fundamentos reales, pues una mala decisión puede acarrear incluso problemas más grandes con soluciones más complicadas y costosas (Fonade, 2013).

Para finalizar, el interventor debe ser una persona con habilidades interpersonales, de tal manera que pueda presentar solicitudes al contratista, sin intervenir con sus procedimientos internos en la realización de tareas. Por otro lado, debe cumplir el rol de intermediador entre las partes, de tal manera que se busque siempre el óptimo desarrollo del proyecto para obtener la máxima eficiencia y la mejor calidad del trabajo (Fonade, 2013).

#### **4.1 Responsabilidad legal del interventor técnico para obras realizadas con tecnologías sin zanja**

Cuando se firma un contrato, el interventor pasa a ser considerado como un servidor público dentro del mismo; desde el momento de su celebración, a través de su desarrollo y hasta el punto de su liquidación. Actuando como tal, el interventor está sujeto a todas las responsabilidades legales que esto acarrea.

#### **4.2 Requisitos del interventor técnico de obras con tecnologías sin zanja**

A continuación se describen los requisitos que se deben tener para la realización de una interventoría a obras usando tecnologías sin zanja.

##### ***4.2.1 Estudios en tecnologías sin zanja***

La persona encargada de la interventoría debe contar con estudios acerca de la tecnología específica a usar en la obra, como también de todo el conocimiento detallado acerca de su proceso constructivo.

##### ***4.2.2 Experiencia laboral en tecnologías sin zanja***

El encargado de la supervisión y control de este tipo de obras debe contar con experiencia laboral en el campo de acción para conocer la realidad de la obra. De igual manera debe estar preparado para cualquier eventualidad en la construcción.

### **4.3 Funciones del interventor técnico para obras realizadas con tecnologías sin zanja (Fonade, 2013)**

A continuación se describen las funciones que debe desempeñar un interventor técnico en una obra que utilice tecnologías sin zanja.

#### **4.3.1 Estudiar pliegos y condiciones del contrato**

El interventor debe conocer en detalle todos los términos del contrato; los plazos, condiciones, alcances y demás temas pactados al momento de su firma. Del mismo modo debe revisar los estudios realizados y los planos proyectados.

##### **4.3.1.1 Supervisar las excavaciones**

Se debe verificar que los pozos de excavación realizados para la obra, tanto el de entrada como el de salida, tengan las medidas y los taludes necesarios. El primero, debe contar con espacio suficiente para la máquina junto con sus operarios, y que estos puedan maniobrar dentro con suficiente espacio. Y el segundo, que sea suficientemente grande para retirar los escombros o los equipos de maquinaria según lo requiera la tecnología.

##### **4.3.1.2 Inspeccionar la maquinaria**

Se debe realizar una inspección a la maquinaria para verificar el estado de la misma, y que cumpla con las características necesarias para realizar la labor con las condiciones del proyecto.

#### **4.3.1.3 Considerar el tipo de suelo y la profundidad**

Con base en los conocimientos del interventor acerca de la tecnología sin zanja usada en el proyecto, debe comprobar, según el tipo de suelo, el rango de profundidad para la instalación de la tubería. El máximo, para que no se produzcan daños en la tubería por la presión del suelo, y el mínimo, para que no se generen afectaciones en las estructuras ubicadas en la superficie.

#### **4.3.1.4 Verificar las capacidades y certificaciones del operario y sus ayudantes**

Se debe verificar que el personal trabajando en la obra este capacitado para sus respectivas tareas. En el caso del operario se debe corroborar que tenga la capacitación necesaria para utilizar la máquina con cierto grado de perfección, para evitar problemas de mayor envergadura. Para los ayudantes, se debe verificar que sean aptos para trabajar en excavaciones varios metros bajo el suelo, es decir que hayan realizado un curso de trabajo en alturas.

#### **4.3.1.5 Verificar direccionamiento**

Corroborar que al inicio de la obra se tenga un correcto direccionamiento de la máquina en cuanto a inclinaciones, tanto horizontales como verticales, de modo que se asegure un debido trazado de la tubería a instalar.

#### **4.3.1.6 Verificar velocidad de excavación**

De la velocidad con la cual la máquina perfora el suelo dependen muchos factores, tales como la estabilidad de la excavación, la afectación superficial, la contaminación al ambiente, entre muchas otras. Por ende, es primordial confirmar que la máquina trabaja a una velocidad adecuada.

#### **4.3.1.7 Controlar y corregir tolerancias**

Es deber del interventor corroborar que el contratista cumpla con los requisitos exigidos por las diferentes normas que regulan las tecnologías sin zanja, tales como grados de desviación, tanto horizontal como vertical, dimensiones, resistencias y accesorios de la tubería

#### **4.3.1.8 Controlar la gestión de residuos solidos**

En caso que resulten desperdicios de la excavación, según sea la tecnología, el interventor debe garantizar que estos sean transportados a un botadero certificado, de modo que se generen los menores impactos ambientales posibles.

### **5. Descripción de las tecnologías**

Las tecnologías sin zanja surgen debido a las necesidades de la ingeniería para poder instalar, rehabilitar y reparar infraestructura subterránea; disminuyendo de esta forma factores tales como: costos, alteraciones socio-económicas, residuos sólidos y tiempos de obra, y se pueden mejorar otros aspectos como: seguridad y precisión (Heavens, 2003; Kramer, 2012). Cabe agregar que se conocen como tecnologías sin zanja (TT) aquellos equipos, materiales y métodos que ocasionan la menor perturbación en el entorno en el que se encuentran (Andesco, 2012).

En la imagen N°1 se puede observar la cantidad de redes que hay debajo de la superficie, y lo que sucede cuando utilizamos un método de instalación con excavación a cielo abierto para realizar cualquier cambio, adición o mejora en la red. De acuerdo con la definición de tecnologías sin zanja lo que se busca es evitar la interrupción en el tráfico.

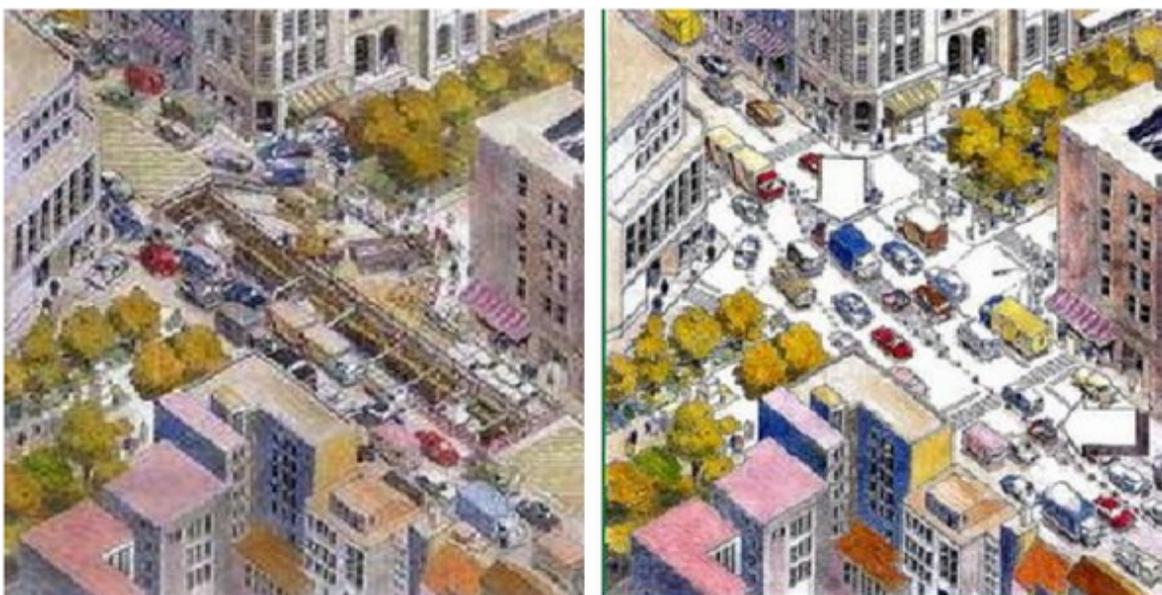


Imagen N°1: ¿Por qué sin zanja? (Andesco, 2012)

Estas tecnologías se han expandido rápidamente en el último medio siglo debido a las ventajas que conllevan, siendo la economía el motor para aumentar su popularidad (Kramer, 2012). En países latinoamericanos tendrán mayor acogida una vez se le dé más importancia a los beneficios ambientales y sociales que estas tecnologías acarrearán (Andesco, 2012).

Como se ha dicho anteriormente las tecnologías sin zanja se utilizan básicamente para tres procedimientos diferentes: renovación, reparación e instalación (sea nueva o sobre tuberías existentes). En la imagen N°2 se muestra la clasificación de las tecnologías sin zanja.

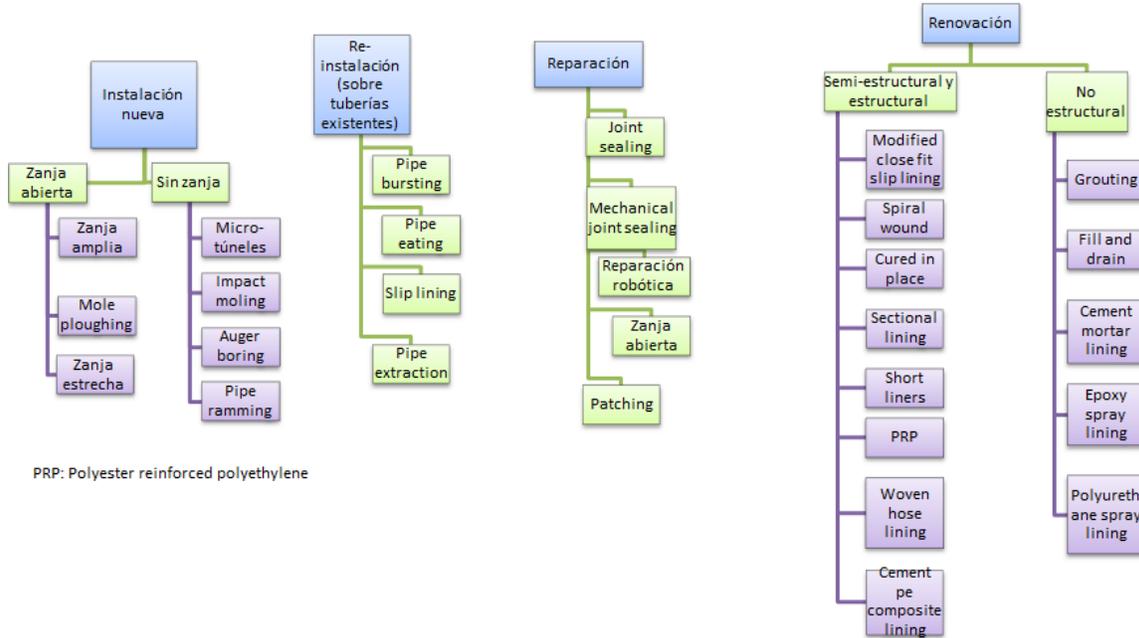


Imagen N°2: Clasificación tecnologías sin zanja (Heavens, 2003)

En este documento se tratan particularmente tres tecnologías (Auger boring, Impact moling y Pipe Ramming), de las cuales, todas son para instalación nueva y serán descritas a continuación.

### 5.1 Descripción de la tecnología Auger Boring (Tornillo sin fin)

Esta es una de las principales y más usadas tecnologías hoy en día para la instalación de tuberías subterráneas. Se ha venido usando por más de cuarenta años (ASCE, 2004). Su auge es debido a los múltiples beneficios que conlleva y a que permite instalar tuberías de todo tipo de materiales, teniendo siempre en cuenta el método constructivo. Este consiste en la utilización de un 'tornillo sin fin' para realizar la excavación del tramo que recorrerá la tubería, el cual tiene una capacidad para empujar hasta 100 metros (Nieder, 2006). Posteriormente remueve el suelo a medida que la cabeza del tornillo va rotando para depositar el material en la parte interna de la tubería adyacente a dicho tornillo; luego este material es transportado a través del interior de la misma hasta el comienzo de la obra, donde se encuentra la máquina, que lo arroja por un costado hacia el pozo inicial de excavación (Zaneldin, 2007). Como se muestra en la imagen N°3:

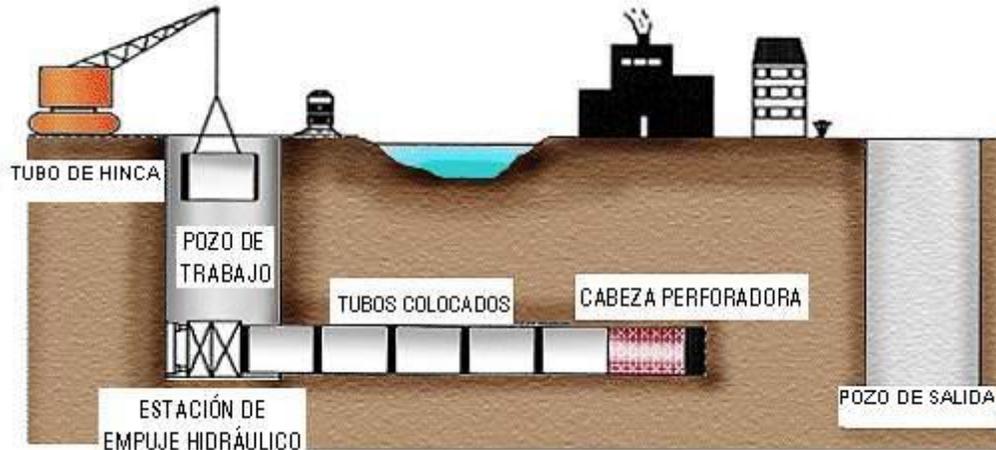


Imagen N°3: Auger Boring (Yepes, V, 2014).

Hoy en día, este tipo de máquinas pueden realizar excavaciones en cualquier tipo de suelo con unas adaptaciones especiales; pero generalmente es usado en suelos blandos como arcillas o arenas. Dependiendo de la dureza del suelo por el cual se realizara la instalación de la tubería, se utilizan diferentes tipos de brocas en la cabeza del tornillo que pueden variar en forma y material. Como se puede apreciar en la Imagen N°4 y la Imagen N°5:



Imagen N°4: Cabeza tornillo sin fin (Zinzanja, 2013).



Imagen N°5: Cabeza tornillo sin fin 2 (Perforator, 2014).

Este método de instalación se utiliza principalmente en dos casos. Primero, para intersecciones viales, donde la longitud de la instalación no es muy grande, en los cuales, la instalación con zanja abierta conllevaría una afectación de mayores dimensiones en el tráfico. Segundo, gracias a su alta capacidad de empuje, se pueden realizar longitudes apreciables sin necesidad de reubicar la maquina.

### 5.1.1 Consideraciones para selección de Auger Boring

Para la escogencia de la tecnología del tornillo sin fin se deben tener en cuenta diferentes factores que pueden afectar la obra. Se destacan los siguientes:

- Tipo de suelo: Principalmente en suelos arcillosos o arenosos
- Distancia entre pozos: No mayores
- Profundidad de instalación
- Diámetro de tubería
- Material de la tubería

Estos son solo algunos de los factores a tener en cuenta al momento de seleccionar la tecnología. El 'tornillo sin fin', es uno de los más comunes cuando no se presentan rocas duras ni arenas con gravas. Es ideal para oleoductos,

gasoductos, acueductos, cables subterráneos y tuberías flexibles en el cruce de intersecciones (Abbott, 2005).

### 5.1.2 Dimensiones de tuberías para Auger Boring

La tecnología del tornillo sin fin es principalmente usada para la instalación de tuberías con diámetros medianamente grandes. De igual modo, esta funciona para diámetros de tubería desde 10 centímetros, aunque debido al costo no es muy factible. Para este tipo de tubería se recomiendan otros métodos de tecnología sin zanja más económicos. Los diámetros máximos que pueden alcanzar este tipo de máquinas son muy variables, según el tamaño y la marca de la máquina. En un principio alcanzaban hasta 1.2 metros, pero se han llegado a instalar diámetros de hasta 2.5 metros (Dulcy, A, 2002).

Debido a que la cabeza del tornillo sin fin es la encargada de realizar la excavación, la tubería no sufre mayor contacto con el suelo, de modo que estas pueden ser de cualquier material. Lo anterior en el caso de tuberías de concreto o acero, pero en el caso contrario, donde la tubería sea de PVC o fibra de vidrio, simplemente se utiliza un método constructivo diferente (Explicado más adelante), o se utiliza una camisa de sacrificio.

El diámetro y el largo de la tubería dependen de la función que vayan a cumplir. La longitud de tubería instalada alcanzada por esta tecnología, sin necesidad de mover la máquina, depende de la fuerza generada por el compresor de aire que está en su parte trasera. Este realiza la tarea de hacer girar la cabeza del tornillo mediante un torque con la fuerza suficiente para excavar el suelo, que depende de la resistencia y la fricción generada por el mismo. Los diferentes tamaños de máquinas existentes, llevan diferentes capacidades para los compresores, aun así, generalmente tienen un alcance de 100 metros (Nieder, 2006). Sin embargo, en casos excepcionales, con equipos especiales un poco más grandes, se ha llegado a alcanzar hasta 270 metros (Dulcy, A, 2002). Estas máquinas son como se observa en Imagen N° 6:



Imagen N°6: Máquina tornillo sin fin (Ve Group, 2014).

### 5.1.3 Suelos aplicables para Auger Boring

Las máquinas de tornillo sin fin son diseñadas principalmente para suelos blandos como arcillas o arenas, con ensayos de penetración estándar no mayores a 35 golpes y con pequeños fragmentos de roca no mayores a 80 milímetros (Abbott, 2005). Hoy en día, debido a las necesidades actuales, se han desarrollado herramientas adicionales para estas máquinas que permiten excavar suelos con rocas de resistencias mayores a 15000 PSI (Fuerst, 2007). Los tipos de suelo aceptables para la máquina del tornillo sin fin se muestran en la Tabla N° 1.

Parámetro	Tornillo sin fin
Roca dura	X
Roca suave	D
Arcilla dura	O
Suelos blandos	D
Arena y grava	X
Grava	D

<b>Adoquín/Roca</b>	D
<b>Obstrucciones</b>	O
<b>Debajo del nivel de agua</b>	O

**X- No es adecuado; D- Puede ser adecuado; O adecuado**

Tabla N° 1: Tipos de suelo aptos para Auger Boring. (Abbott, 2005).

#### 5.1.4 Direccionamiento en Auger Boring

Uno de los múltiples beneficios de esta tecnología es que por medio de un sistema de guiado, permite controlar el recorrido y la pendiente de la tubería. Para empezar, luego de la instalación de la máquina y previo al inicio de la excavación, se introduce en el suelo una pequeña tubería piloto, con un sistema de guiado controlado desde la máquina, que permite recorrer previamente el camino por el cual atravesará el tornillo, para así detectar cualquier deflexión y dándole la oportunidad al operador de la máquina de realizar los ajustes necesarios para no cometer un error en la excavación posterior del tornillo. Este sistema funciona mediante la transmisión de una señal que emite la posición exacta de la cabeza de control, determinando el camino de la tubería con su respectiva profundidad, la cual puede ser variable. Una vez que la tubería de control llega al pozo de recepción, se inicia la excavación con el tronillo sin fin (ASCE, 2004), como se puede ver en la imagen N°7:

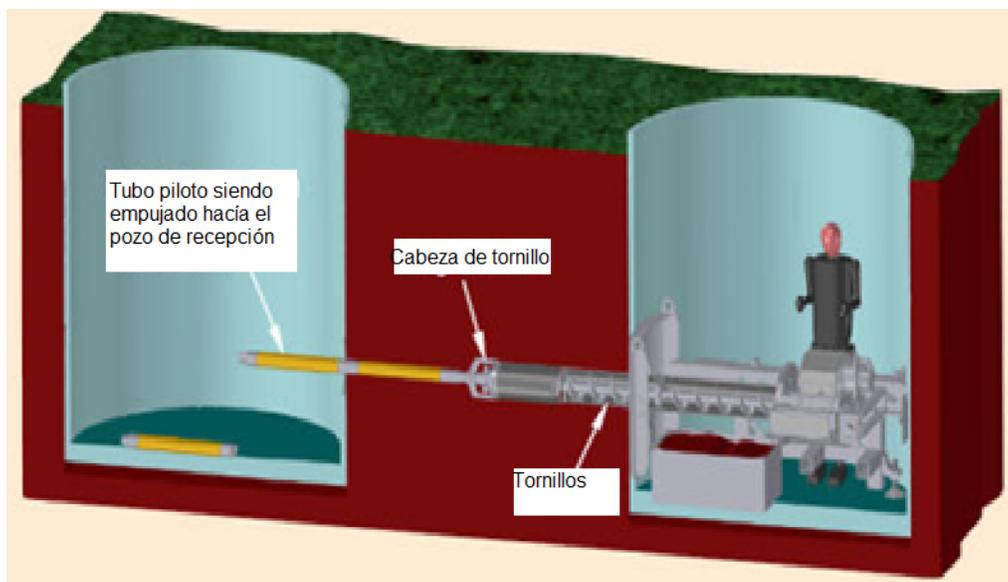


Imagen N° 7: Direccionamiento tornillo sin fin (Northeast Consulting, 2014).

### 5.1.5 Pozos en Auger Boring

La tecnología de tornillo sin fin requiere una instalación bastante básica que permite ahorrar la zanja de todo el trayecto de la tubería realizando dos pozos. Uno para la ubicación e instalación del equipo al inicio de la obra, y otro de recepción al final de la misma. Primero se encuentra el pozo en el cual se instalará la máquina, cuyas dimensiones son determinadas por el tamaño de la misma (Véase en especificaciones de la máquina), el diámetro y la longitud de los segmentos de la tubería a instalar. Estos son generalmente de 6 metros, aproximadamente (Iseley and Gokhale, 1997) y son soldados en el sitio de instalación a medida que van siendo instalados hasta alcanzar la longitud total de la tubería. Al final de la obra, se encuentra el pozo de recepción, por el cual saldrá la máquina al terminar el recorrido. Este simplemente debe tener unas dimensiones suficientes para ubicar una torre grúa, capaz de sacar los elementos principales de la máquina que van por delante de la tubería a instalar (Tornillo, tubería de excavación).

### **5.1.6 Operador para máquina del tornillo sin fin**

Aunque no existen una serie de requerimientos especiales para operar la máquina, es esencial que el operador tenga conocimientos básicos de ingeniería y topografía, debido a que este es el encargado de trazar el lineamiento que recorrerá la tubería. Esta debe tener una precisión específica en cuanto a la pendiente, y en caso que se presente un desvarío, es tarea del operador tomar las medidas correctivas antes de que se presente una mayor afectación en el trazado (Iseley and Gokhale, 1997). Por lo general, al momento de la compra de la máquina, la compañía fabricante envía a un experto a realizar capacitaciones a los operadores por alrededor de 3-4 semanas mientras inicia la obra. Por consiguiente el operador debe alcanzar cierto nivel de experticia que le permita operar el equipo de manera adecuada (Moreno, Juan Carlos, 2014).

### **5.1.7 Limpieza de tubería en Auger Boring**

Una vez la tubería ha sido instalada, se debe dar paso a un proceso de limpieza interno de la tubería. Dependiendo de la máquina hay dos opciones; la primera es que la máquina tenga su propio sistema de banda transportadora, por mediante la cual el residuo de suelo excavado es arrojado a dicha banda que lleva el material hasta el lugar de instalación de la máquina y lo arroja por fuera de la misma dentro de un botadero previamente ubicado. La segunda opción es la limpieza mediante agua o aire a presión, este método funciona una vez se han retirado todo los equipos y la tubería ha quedado instalada, se conecta al inicio de la misma una manguera, que por medio de la presión saca todos los desperdicios que se encuentran dentro de la tubería, arrojándolos hacia el pozo de recepción.

## **5.2 Descripción de la tecnología Impact Moling (Topo de percusión)**

Esta es una de las primeras tecnologías sin zanja que existieron, y ha sido, probablemente, la más usada a nivel mundial hasta el día de hoy y por lo tanto existen miles de máquinas en operación (Howell, 2004a). Adicionalmente, debido a su simplicidad, es una de las más económicas cuando se trata de instalar

infraestructuras subterráneas cortas de bajo diámetro que no necesitan una precisión exacta de dirección, ya que esta tecnología no permite, a diferencia de otras, controlar la pendiente de la tubería (Simicevic and Raymond, 2001a). En la imagen N°8 se puede observar su metodología:



Imagen N° 8: lineamiento Impact Molding (Yepes, V, 2014).

Es utilizada principalmente para tuberías con diámetros pequeños que transporten agua, gas o cables en distancias cortas. Estas son tan largas como la intersección de una calle o la longitud de la conexión del servidor público hasta un usuario privado. Aunque, se puede usar para distancias más largas realizando una serie de pequeñas excavaciones a una longitud determinada.

Esta tecnología se basa en el principio de hincado de pilotes, y funciona mediante un topo conectado a un compresor de aire por medio de una manguera especial que transporta el aire herméticamente. El martillo va penetrando el suelo por medio de repetidos golpes, generados por un pistón interno que se va moviendo según la fuerza obtenida del compresor, arrastrando tras de sí la tubería a instalar, como se puede ver en la Imagen N°9:

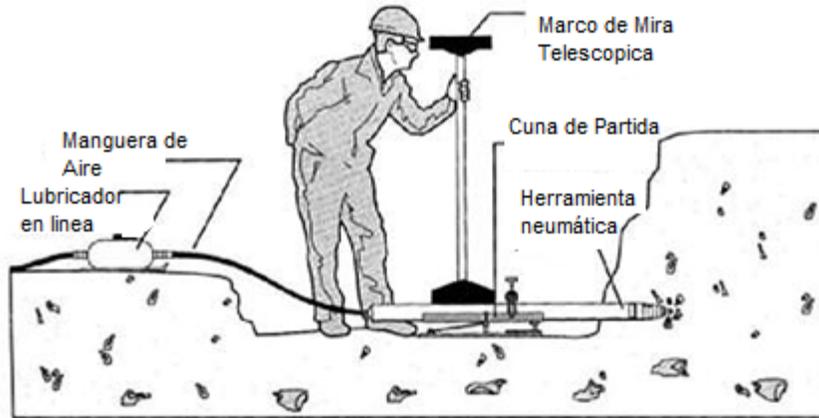


Imagen N° 9: Procedimiento Impact Molding (U.S. Department of Transportation, 2014).

De lo anterior, se puede deducir que las tuberías a instalar deben ser previamente ubicadas y direccionadas, ya que una vez adentro no se pueden ajustar ni realizar correcciones de ninguna índole. No obstante, a la máquina se le puede instalar un accesorio especial que detecte si hay una desviación muy grande, de tal manera que se pueda extraer el tubo para volverlo a instalar (Simicevic and Raymond, 2001a). Vale la pena destacar que la distancia a instalar solo puede ser tan grande como el compresor de aire lo permita.

### 5.2.1 Consideraciones para selección de Impact Molding

A pesar que este método es uno de los más utilizados en el mundo debido a su bajo costo económico, deben tenerse en cuenta una serie de factores para garantizar la viabilidad de su uso:

- Tipo de suelo.
- Diámetro exterior pequeño.
- Distancia a perforar corta.

### 5.2.2 Dimensiones de tuberías para Impact Moling

La tecnología del ‘topo de percusión’, basada en el empuje de la tubería mediante golpes, solo permite la instalación de tuberías con diámetros pequeños, ya que los equipos utilizados solo son producidas en un tamaño considerablemente menor en comparación a otras tecnologías. Debido a lo anterior, para la instalación de tuberías más grandes se debe utilizar una tecnología diferente.

En la actualidad, el rango de topos usados en esta tecnología varía desde 4” hasta 8”. Estos rangos permiten la instalación de tuberías 2” menor que el tamaño del topo, es decir que los diámetros varían en un tamaño de 2” hasta 6”. Dichas tuberías pueden ser de cualquier material, mientras no tengan problemas de deflexión al momento de ser empujadas por el topo.

La longitud de instalación para esta tecnología depende de la fuerza del compresor de aire que impulsa el martillo, por lo que a mayor tamaño del compresor, mayor longitud de instalación. Sin embargo, debido a la magnitud de tuberías a instalar con esta tecnología, las longitudes no son muy largas, y alcanzan solo un máximo de 15 metros. En caso que la tubería a instalar sea de mayor longitud, es necesario realizar varias excavaciones pequeñas, donde vuelve a iniciar el proceso y se realiza un empalme entre la tubería que llega y la que sale del pozo de excavación (Rodríguez, 2014).

### 5.2.3 Suelos aplicables para Impact Moling

Debido al proceso constructivo utilizado por el topo de percusión, esta tecnología solo funciona en suelos expandibles, ya que la tubería lo que hace es desplazar el suelo en la magnitud de su diámetro. De tratarse de un suelo no expandible, este nunca cedería ante los golpes de la máquina, por lo que la tubería no penetrará el suelo (Rodríguez, 2014). Las condiciones ideales para el uso de esta tecnología, son suelos moderadamente húmedos y compactos que se mantengan las mismas condiciones a través de la ruta de la tubería.

El trabajo no funciona cuando se presentan rocas sólidas, arena húmeda o suelos sueltos. Debido a esto, es recomendable identificar el tipo de suelo a lo largo de la tubería y los diferentes estratos presentes (con sus respectivas obstrucciones), previamente a iniciar el trabajo (Simicevic and Raymond, 2001a).

#### 5.2.4 Pozos en Impact Moling

El topo de percusión es una tecnología que funciona con bastante simplicidad, por lo cual requiere de pozos de excavación muy sencillos. Dependiendo de la profundidad, estos solo requieren una excavación del tamaño de la máquina si el operador puede maniobrar desde afuera del pozo. En caso de necesitar una mayor profundidad, el pozo debe tener una amplitud suficiente para la máquina y el operador, para que este pueda poner la máquina en funcionamiento y darle direccionamiento a la tubería (Rodríguez, 2014). Dichas máquinas no poseen grandes tamaños, por lo cual los pozos también son pequeños. Los pozos de lanzamiento y recepción son como el mostrado en la imagen N°10.



Imagen N°10: Pozo Impact Moling (WordDomination, 2014)

### 5.2.5 Profundidades para Impact Moling

Las profundidades son un aspecto muy importante en el uso de este método, ya que de no realizar un buen calculo, se pueden presentar problemas en la superficie o con la tubería. La profundidad mínima es de 10 veces el diámetro de la tubería a instalar, ya que, de ser menor, se pueden presentar problemas en la superficie, como resaltos sobre la vía. Por otro lado, la tubería, debido a su tamaño, solo se puede colocar a una profundidad máxima de 3 metros, puesto que al superar esta, el estrato del suelo tiende a cambiar al igual que sus características, generando mayor presión sobre la tubería, causando daños sobre la misma debido a la presión generada por el suelo.

### 5.2.6 Instalación y direccionamiento de tuberías en Impact Moling

Para esta tecnología, la instalación correcta del equipo, previo a comenzar la excavación, es uno de los pasos más importantes. Una vez se empieza la excavación, no es posible arreglar su inclinación ni su dirección, a menos que sea utilizado un topo con cabeza dirijible. Es por esto que es necesario que previo a la excavación, el equipo este correctamente alineado, tanto vertical como horizontalmente.

Para diámetros pequeños el alineamiento se realiza de manera sencilla. Se ubica la tubería en el pozo de lanzamiento, apuntando hacia el pozo de salida y una vez la máquina empieza a funcionar y la tubería a penetrar el suelo, se examina y se corrigen los errores con la única condición de que el topo no haya penetrado en su totalidad. Puede ser necesario corregir el direccionamiento en varias ocasiones antes de que la tubería se encuentre en su totalidad dentro del suelo.

Para diámetros más grandes es necesario utilizar una base para direccionar la tubería. En dicha base, se ajustan tanto la inclinación, como la dirección. Una vez la tubería empieza a penetrar el suelo, se deben tener en cuenta las mismas correcciones usadas para diámetros pequeños.

Se puede presentar el caso en que la base empiece a moverse dentro del pozo, lo cual es conocido como “nadando en el pozo”. Para corregir esto, se debe reducir la potencia del compresor de aire para permitir que el suelo se expanda, y la tubería pueda penetrar el suelo (Simicevic and Raymond, 2001a).

### **5.2.7 Operador de topo de percusión**

La operación de esta tecnología es muy sencilla, por lo que el operador solo necesita un mínimo de capacitación donde sea enseñando a utilizar la máquina. Dicho operador debe cumplir la tarea de ubicar la tubería con su respectivo direccionamiento y vigilar el funcionamiento del martillo para que no se presenten desviaciones, ni malfuncionamientos en el mismo. Esta maquinaria no cuenta con computadoras, ni tecnologías complicadas que requieran un alto nivel de capacitación (Rodríguez, 2014)

### **5.2.8 Lubricantes para topes de percusión**

El proceso de lubricación para este tipo de máquinas es de suma importancia, debido a que es necesario para el correcto funcionamiento del equipo. Se debe lubricar el equipo entre el compresor de aire y la máquina para que el martillo pueda deslizarse y realizar de forma correcta su trabajo. Por el contrario, si la máquina no es lubricada constantemente, puede sufrir daños costosos. A pesar de la variedad ofrecida por el mercado, se recomienda utilizar el lubricante del mismo fabricante (Simicevic and Raymond, 2001a).

### **5.2.9 Velocidades de Impact Molding**

La velocidad es un factor que depende esencialmente del tipo de suelo. En promedio, con esta tecnología se puede realizar instalaciones de tubería entre 1 y 5 pies/ minuto, aunque en un suelo con excelentes condiciones, se puede

incrementar hasta 10 pies/minuto. Se debe tener en cuenta, que a mayor velocidad de excavación, se tiende a desviar ligeramente el direccionamiento de la tubería, por lo que es recomendable utilizar bajas velocidades cuando es necesario cierto grado de precisión (Simicevic and Raymond, 2001a).

### **5.2.10 Temperatura externa para Impact Moling**

Este tipo de equipos se pueden usar en cualquier temperatura siempre y cuando se tengan en cuenta ciertas consideraciones. Para clima cálido, la máquina puede requerir una mayor lubricación. Por el contrario, para climas extremadamente fríos, se debe tener un calentador en el compresor de aire para evitar el congelamiento del agua expulsada (Simicevic and Raymond, 2001a).

## **5.3 Descripción de la tecnología Pipe Ramming (hincado de tubería)**

El 'hincado de camisas de acero' es una tecnología que fue desarrollada en Estados Unidos aproximadamente en el año 1970 (Andesco, 2012), y es utilizada para la instalación de nueva infraestructura subterránea. Esta tecnología básicamente consiste en hincar una tubería de acero e impulsarla gracias a los impactos sucesivos proporcionados por una máquina de percusión, como un martillo neumático (Howell, 2004b; Pinzón, 2011). Este método usualmente es utilizado para instalar las tuberías de forma horizontal, pero en algunas ocasiones se pueden situar verticalmente o con inclinación (Collins, 2007; Oregon state university, 2013). Tal como se puede observar en la imagen N°11.

Esta tecnología también es utilizada como método de asistencia para perforación horizontal dirigida (HDD), de modo que se establezcan los agujeros de la instalación (Tracto-Technik, 2014).

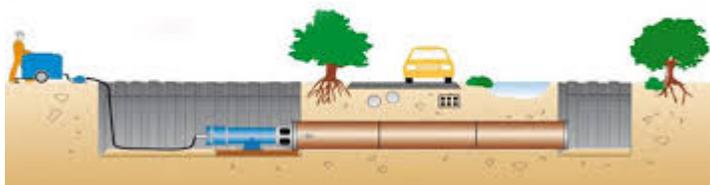


Imagen N°11: Pipe Ramming (Underground Brown, 2014)

Esta tecnología comparada con cortes a cielo abierto disminuye los tiempos de operación y los problemas de tráfico; en contraste con otras tecnologías sin zanja, esta mantiene soportada permanentemente la estructura del suelo, evitando sedimentación y depresiones. Gracias a dichas características tiene amplia aplicación en la instalación de infraestructura debajo de carreteras, autopistas, vías del tren, entre otros (Oregon state university, 2013; Schill, 2009).

### 5.3.1 Materiales en tuberías de Pipe Ramming

Se utilizan tuberías de acero debido a las características de este material: ductilidad, resistencia y distribución de cargas, lo cual permite que la tubería no sufra daños por acción del martillo neumático o a la presencia de obstáculos en los suelos (Read, 2004; Vega, 2011).

Cuando se van a usar tuberías de otro material se puede evaluar la posibilidad de usar carcasas de acero, pero por costos, la gran mayoría de las veces se decide utilizar las tuberías en acero. Las carcasas son utilizadas para evitar la fricción con el suelo y proteger la tubería de la deformación causada por el martillo. El uso de estas carcasas requiere más fuerza al momento de ser hincadas (Chianese, 2007a; Collins, 2007; Goodman, 2009; Read, 2004). Una vez la máquina esté en posición, es importante que se prepare la tubería o carcasa que va a ser instalada, esto se hace mediante lubricación.

### 5.3.2 Instalación y direccionamiento de tuberías en Pipe Ramming

Se requiere una base de concreto en el pozo de inserción, esta debe ser nivelada para que tenga la misma pendiente de dicho pozo (ver Imagen N°12). La máquina se posiciona en el pozo de empuje y se conecta con los carriles guía para asegurar el alineamiento, luego se procede a conectar con la primera carcasa o tubería para empezar el hincado. Una vez hincada la primera parte se suelda la segunda y se continúa con el proceso. Para soldar, se deja un espacio en el agujero de inserción (Chianese, 2007a).

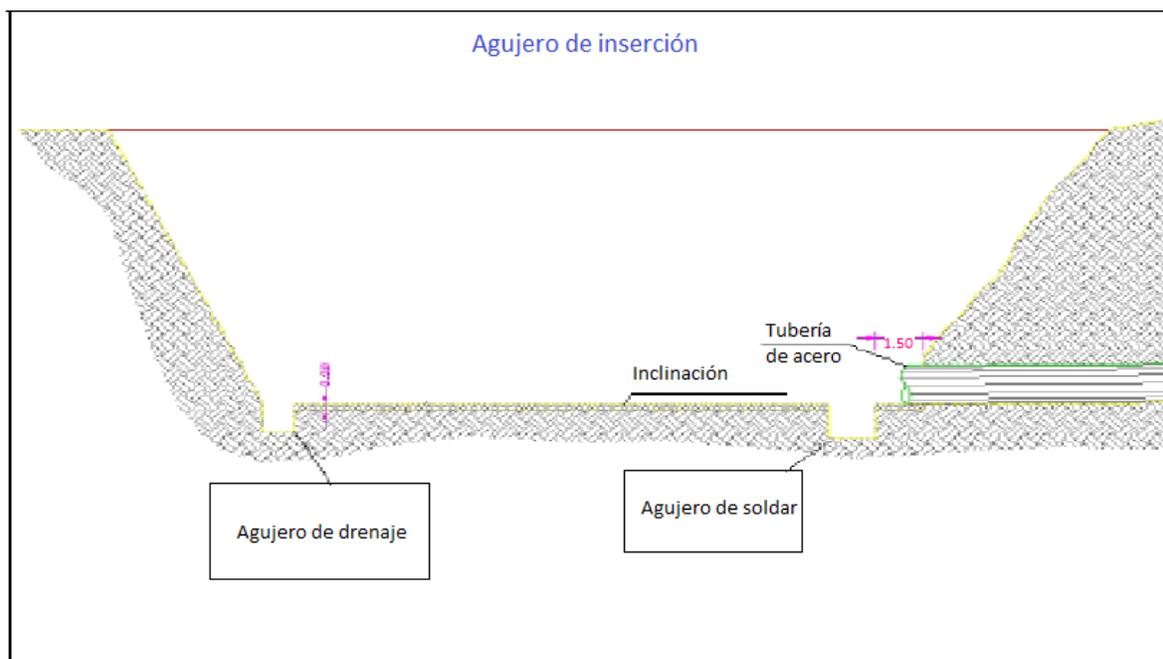


Imagen N°12: Hoyo de inserción. (Chianese, 2007a)

Esta tecnología no cuenta con un sistema guiado, por esta razón es necesario establecer la dirección desde el principio e instalar unos rieles guía. (Read, 2004; Vega, 2011). Para verificar el direccionamiento de una tubería instalada mediante el hincado de camisas de acero, se puede usar un transmisor en la cabeza (manga) que emite una señal a un monitor en superficie (Chianese, 2007a).

La longitud del pozo de inserción podrá ser calculada a partir de la longitud de las secciones de la tubería o carcasa, se adicionan aproximadamente 10 pies a la longitud del pozo y tendrá 3 pies de espacio de cada lado del equipo. La profundidad del pozo depende de la profundidad a la cual se vaya a instalar la

tubería. Sin embargo, aunque la longitud de la tubería sea menor a 4 pies, este pozo debe tener mínimo 4 pies. El equipo debe estar al menos 8 pulgadas por arriba del suelo. En la imagen N° 11 se puede observar una vista lateral del pozo de inserción, en la imagen N°13 se puede observar una vista superior y una lateral de lo que debería ser el agujero de entrada.(Simicevic and Raymond, 2001b)

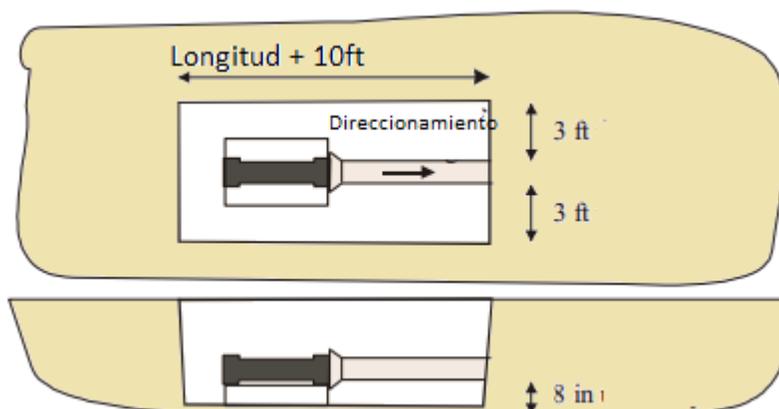


Imagen N°13: Vista superior y lateral del pozo de inserción Pipe Ramming (Simicevic and Raymond, 2001b)

Normalmente, las secciones de tubería a instalar tienen un rango de longitud entre 10 y 60 pies. Usualmente se escogen longitudes entre 20 y 40 pies. La instalación se debe hacer en secciones pequeñas debido a que el espacio es limitado y sería un error hacer un pozo de inserción sobredimensionado (Simicevic and Raymond, 2001b).

También es importante tener en cuenta el pozo de salida, por el cual se van a retirar los accesorios. De igual manera tendrá relevancia para poder definir el direccionamiento.

### 5.3.3 Dimensiones de tuberías para Pipe Ramming

Autor	Diámetro (m)		Diámetro (in)	
	Mín.	Max	Mín.	Max
<b>Collins</b>	0,10	3,00	4	122
<b>Marín</b>		2,00		
<b>Vega</b>	0,10	0,61	4	24

Tabla N°2: Diámetros según los autores (Collins, 2007; Marín, 2004; Vega, 2011)

El diámetro y largo de estas tuberías depende de la función que vayan a cumplir, estas manejan longitudes entre 20 y 80 metros. El espesor de la tubería es dado en función del diámetro y la longitud de la misma, en relación con la fuerza ejercida por el martillo neumático (Read, 2004).

El número de golpes es inversamente proporcional al diámetro de la tubería. Por ejemplo, se calcula que para diámetros de 100mm se suministran alrededor de 370 golpes por minuto, mientras que una tubería de 600mm recibe un promedio de 177 golpes por minuto. Por el contrario, el peso de los equipos es directamente proporcional al diámetro de instalación; 62kg para 100mm y 4.459kg para 600mm. Estos promedios dependen del equipo que se esté utilizando para la instalación (Vega, 2011). En la Tabla N°3 se presenta la relación del diámetro con el espesor y la longitud de la tubería.

Diámetro nominal de la tubería (mm)	Espesor mínimo de la tubería (mm)		Longitud máxima de la perforación (m)
	Longitud de la perforación > 25m	Longitud de la perforación > 50m	
	<b>100</b>	6-7	
<b>150</b>	6-7	N/A	15
<b>200</b>	6-7	N/A	20
<b>250</b>	6-7	N/A	25
<b>300</b>	6-7	12-14	30
<b>350</b>	6-7	12-14	N/A
<b>400</b>	7-8	12-14	40
<b>500</b>	8-10	12-14	50

<b>600</b>	10-12	12-14	60
<b>700</b>	12-15	12-14	70
<b>800</b>	12-16	14-16	80
<b>900</b>	12-16	16-18	N/A
<b>1000</b>	15-18	16-18	N/A
<b>1100</b>	15-18	18-20	N/A
<b>1200</b>	15-18	18-20	N/A
<b>1400</b>	18-20	20-24	N/A
<b>1600</b>	20-24	24-26	N/A

Tabla N°3: Diámetro nominal de la tubería en relación al espesor de la tubería y a la longitud de la perforación (Read, 2004)

### 5.3.4 Equipos utilizados en Pipe Ramming

El equipo consiste en un martillo que golpea la tubería en repetidas ocasiones a altas velocidades, empujándola de esta forma para ponerla en la posición deseada y desplazando el suelo. Básicamente cuenta con tres elementos fundamentales; perno de control, pistones y carcasa, que se muestran en la Imagen N°14.

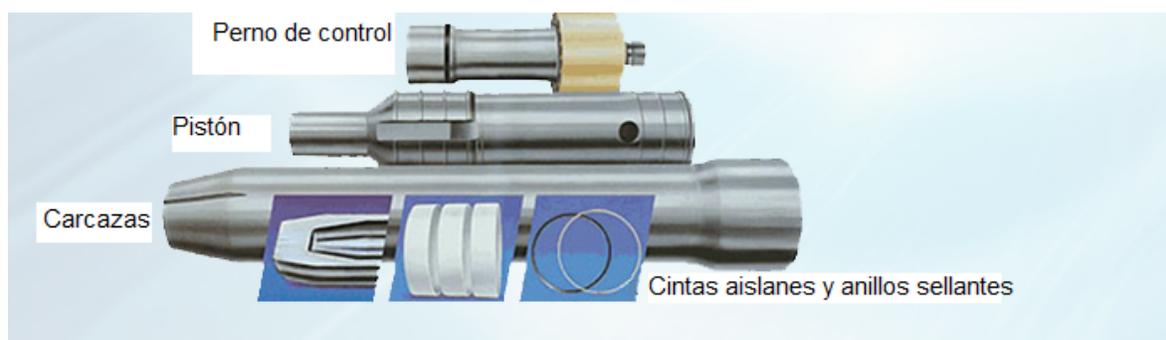


Imagen N°14: Elementos principales en Pipe Ramming (Tracto-Technik, 2014)

La estructura de los equipos depende directamente del fabricante. Sin embargo, el funcionamiento de los mismos es único. Adicionalmente, se cuentan con diversos accesorios, como los mostrados en la Imagen N°15 (Tracto-Technik, 2014):

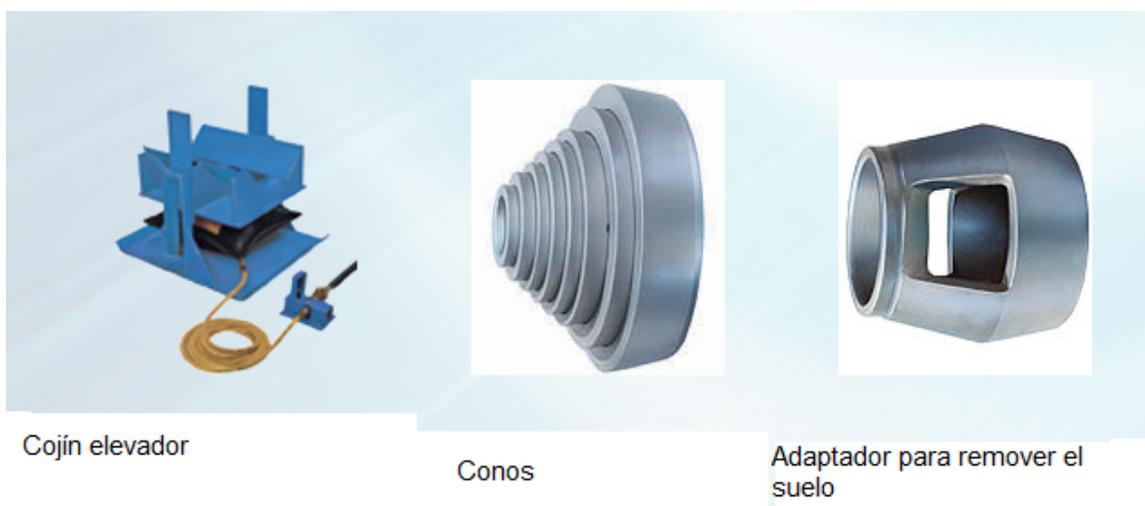


Imagen N°15: Accesorios rammers (Tracto-Technik, 2014)

En la Tabla N°4 se indican los rangos de las características de los equipos más utilizados en Pipe Ramming.

<b>Equipo</b>	<b>Rango</b>
Diámetro máquina (mm)	95-800
Diámetro cono trasero (mm)	112-900
Longitud (mm)	946-4400
Peso (kg)	59-11500
Consumo de aire (m <sup>3</sup> /min)	1,2-100
Número de golpes por minuto	180-580
Energía de impacto (Nm)	180-40500

Tabla N°4: Información técnica equipos Pipe Ramming (Tracto-Technik, 2014)

Cabe resaltar que algunas empresas manejan máquinas por pedidos, y que la información suministrada en la Tabla N°4 es un rango general de la maquinaria típica existente en el mercado.

### **5.3.5 Limpieza de tuberías en Pipe Ramming**

Se instala un tubo compresor de aire en la cara de apertura para limpiar los residuos que quedan después del proceso de instalación; también se puede usar agua a presión (Chianese, 2007a; Pinzón, 2011). Cuando el empuje se detiene o la velocidad de instalación disminuye, se recomienda limpiar la tubería en ese momento, puesto que esta puede estar saturada de residuos de excavación (Wetter, 2009).

### **5.3.6 Suelos aplicables para Pipe Ramming**

Este método de instalación de tubería es aplicable en suelos que contengan pequeños y medianos fragmentos de roca, ya que la camisa de acero impulsada por el martillo neumático es capaz de destruir estos fragmentos (Pinzón, 2011) o por el contrario, estos quedan dentro de la tubería y pueden ser removidos con agua o aire a presión (Collins, 2007). Por otro lado, esta tecnología no es adecuada para suelos pantanosos; se pueden presentar dificultades durante la instalación si el suelo va cambiando a lo largo de la trayectoria de la tubería (Read, 2004), por ende no es recomendable para suelos no uniformes (Collins, 2007).

### **5.3.7 Recomendaciones varias para Pipe Ramming**

En ocasiones se pueden usar geo-radares para verificar los defectos que puedan existir en el subsuelo y de esta manera establecer un alineamiento más confiable bajo la superficie (Chianese, 2007a). Es común que las tuberías roten ocasionalmente durante el empuje a lo largo de su instalación. Si esta es muy abrupta, la tubería se puede ver comprometida al punto que sufra daños (Wetter, 2009).

En los tres siguientes capítulos se desarrollan los aspectos específicos relacionados con cada una de las tres tecnologías trabajadas.

## 6. Interventoría en Auger Boring

Este capítulo describe los aspectos específicos de la interventoría de la tecnología Auger Boring (Tornillo sin Fin):

- Cuadro normativo.
- Plan de manejo de tránsito (PMT).
- Inspección de Infraestructura aledaña.
- Materiales.
- Disposición del sitio de obra.
- Pozos de acceso.
- Instalación y manejo de equipos.
- Manejo del flujo.
- Aplicación de la tecnología.
- Seguridad industrial.
- Manejo del impacto ambiental.
- Conexión e inspección del trabajo realizado.
- Criterios de aceptación.
- Restitución del espacio.

Tal y como se describió en la sección 5.1, esta tecnología es un técnica de instalación de tuberías nuevas, que se basa en la perforación del suelo mediante un tornillo sin fin, el cual, a la vez que gira, excava el suelo y arrastra consigo una camisa, a la cual la nueva tubería se encuentra adherida, lista para ser instalada.

### 6.1 Cuadro normativo

Las normas que regulan los aspectos técnicos para infraestructura subterránea son importantes herramientas que el interventor debe utilizar para que se logre un correcto desarrollo de la obra.

Debido a la novedad de las tecnologías sin zanja en Colombia, se dispone en el país de muy pocas normas, por lo cual se hace referencia principalmente a normas internacionales, siendo los principales entes normalizadores:

- Organización internacional de normalización (ISO).
- La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).
- Institución Británica de estándares (BI).
- Instituto Alemán de Normalización (DIN).
- Norma Técnica Colombiana (NTC).
- American Water Works Association (AWWA).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (CONVENIN).
- Asociación Alemana de Gas y Agua (DVGW GW).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

En la Tabla N°5 se presentan las principales normas relacionadas con la tecnología del tornillo sin fin:

<b>Norma</b>	<b>Nombre</b>
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión
<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión
<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión

<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad
<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)
<b>AWWA C205</b>	Mortero de cemento
<b>AWWA C210</b>	Pintura epóxica
<b>AWWA C213</b>	Propiedades químicas
<b>INVIAS</b>	Plan de manejo de tránsito
<b>ASTM D1452-09</b>	Standard Practice for Soil Exploration and Sampling by Auger Borings
<b>ASTM C76</b>	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain and Sewer Pipe
<b>ASTM C655</b>	Standard Specification for Reinforced Concrete D-Load Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe
<b>ASTM C443</b>	Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets
<b>ASTM F477</b>	Standard Specification for Elastomeric Seals (Gaskets) for Joining Plastic Pipe
<b>ASTM D3212</b>	Standard Specification for Joints for Drain and Sewer Plastic Pipes Using Flexible Elastomeric Seals
<b>ASTM F2487</b>	Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Corrugated High Density Polyethylene

	and Polypropylene Pipelines
<b>ASTM C969</b>	Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Precast Concrete Pipe Sewer Lines
<b>ASTM F1417</b>	Standard Practice for Installation Acceptance of Plastic Non-pressure Sewer Lines Using Low-Pressure Air
<b>DIN 50929-3</b>	Corrosion of metals; probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside; buried and underwater pipelines and structural components
<b>DVGW GW 9</b>	Evaluation Of Soils In View Of Their Corrosion Behaviour Towards Buried Pipelines And Vessels Of Non-Alloyed Iron Material
<b>DIN 1201</b>	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced for drains and sewers - Type 1 and Type 2 - Requirements, test methods and evaluation of conformity
<b>DIN 1916</b>	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced
<b>BS 5911 parte 120</b>	Concrete Pipes and Ancillary Concrete Products - Part 1: Specification for Unreinforced and Reinforced Concrete Pipes (Including Jacking Pipes) and Fittings with Flexible Joints

Tabla N° 5: Cuadro normativo para Auger Boring (Transcribe, 2006).

## 6.2 Plan de manejo de tránsito (PMT)

Previamente a dar inicio a la obra, el contratista debe elaborar un plan de manejo de tránsito, mediante el cual presente una estrategia para aminorar los impactos en el tráfico producidos por la obra.

Un PMT debe incluir una señalización apropiada para la obra, vías alternas de descongestión y un banderero, en los casos que sea necesario. Una vez elaborado dicho plan, debe ser examinado por el interventor para que este solicite los cambios que considere pertinentes, y dé viabilidad al mismo para luego ser entregado a la secretaria de movilidad. Esta es la entidad encargada de velar para que los términos pactados se cumplan a cabalidad. De igual modo, la interventoría debe inspeccionar de manera continua el adecuado cumplimiento de las condiciones del PMT, de tal manera que se eviten sanciones por parte de las autoridades competentes.

### 6.3 Inspección de infraestructura aledaña existente

El interventor debe realizar un inventario de las estructuras aledañas al sitio de afectación de la obra, donde documente de manera detallada el estado de las mismas, de modo que se puedan verificar afectaciones luego de la construcción. Dicha información deberá quedar consignada en la respectiva Acta de Vecindad.

### 6.4 Materiales

Es responsabilidad de la interventoría comprobar que el contratista realice los ensayos que se han establecido en el contrato, sin importar su naturaleza; también se deben realizar los ensayos que el proveedor ha sugerido. Es importante que para todas las tuberías se hagan los ensayos: prueba de infiltración y estanqueidad descrita en la NEGC 801.

Se hace la rotulación de los tubos con el fin de poder llevar a cabo la trazabilidad de las tuberías durante su vida útil, esta rotulación se hace de la siguiente manera:

- Nombre del fabricante.
- Designación del material del tubo.
- Uso.
- Serie de las dimensiones.
- Dimensiones (Diámetro exterior nominal x espesor nominal de la pared).
- Tolerancia del diámetro exterior.
- Presión nominal.
- Serie del tubo.
- Número de la norma ICONTEC.
- Lote de producción

En la imagen N°18 se explica cómo hacer la rotulación del lote de producción.

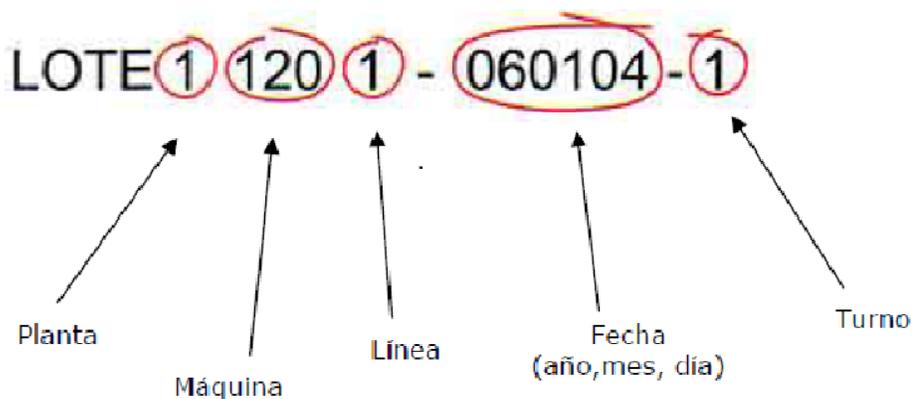


Imagen N°18: Ejemplo de rotulación en tuberías (Gerfor, 2007)

#### 6.4.1 Tuberías de polietileno

La interventoría debe inspeccionar las tuberías, esto lo puede hacer gracias a cámaras de video o con una simple revisión visual. Los ensayos de calidad que se deben hacer para este tipo de tuberías se encuentran descritos en la norma NTC 4585 y en la ISO 4427 (Gerfor, 2007). Los ensayos que se han de realizar se describen en la Tabla N°7.

Norma	Ensayo
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión
<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión
<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental

Tabla N°7: Ensayos para tubería en polietileno (Transcaribe, 2006)

### 6.4.2 Tubos de concreto

El interventor debe exigir que el contratista presente los sitios donde se obtuvieron los tubos y que los ensayos sugeridos por el fabricante se hayan realizado. Además debe verificar que los productos cumplan con los requerimientos técnicos establecidos en las normas NTC 401, NTC 1022, NTC 1328 y BS 5911.

### 6.4.3 Tubos en PVC

En la tubería de PVC se deben cumplir ciertos requisitos generales, según la norma NTC 1087:

- Los tubos deben tener un corte perpendicular a su eje, sin importar que sean biselados.
- La superficie del tubo, tanto interna como externa debe ser lisa y tener uniformidad en el color. No debe tener ningún tipo de grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones.

Para este tipo de tuberías se deben realizar ensayos destructivos y no destructivos, los cuales se mencionan en la Tabla N°8, esta información es extraída de la norma NTC 1087.

Norma	Ensayo
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad

<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática

Tabla N° 8: Ensayos para tubería PVC (ICONTEC, 2011; Transcribe, 2006)

#### 6.4.4 Tuberías de acero

Para las tuberías de acero, se debe realizar una inspección de la superficie, tanto interna como externa, y se recomienda llevar a cabo los ensayos de calidad de materiales descritos en la Tabla N°9.

Norma	Ensayo
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)

Tabla N° 9: Especificaciones y ensayos en tuberías de acero (EPM, 2013; Transcribe, 2006)

Adicionalmente estas tuberías deben cumplir con las especificaciones de recubrimiento que se pueden hacer en distintos materiales, estos requerimientos están establecidos en una norma determinada y las relaciones de estos se observan en la Tabla N°10.

Norma	Material de recubrimiento
AWWA C205	Mortero de cemento
AWWA C210	Pintura epóxica
AWWA C213	Propiedades químicas

Tabla N°10: Especificaciones en función del material de recubrimiento (EPM, 2013)

## 6.5 Disposición del sitio de obra

Una vez se cuente con todos los permisos necesarios para dar inicio a la construcción, se procede a la preparación del sitio de obra, es decir, realizar todas las adecuaciones necesarias al lugar en el cual se dará inicio a la excavación. Dichas tareas consisten en:

- Replanteo topográfico.
- Cerramiento del sitio de obra.
- Implementación del plan de manejo de tránsito.
- Demoliciones de infraestructura superficial (Solo en caso que sea necesario).
- Construcción de campamentos, tanto del contratista como de la interventoría.
- Disposición de almacenes temporales y baños.
- Conexión a servicios públicos.
- Remoción de elementos que interfieran el proceso constructivo.

Para corroborar que todas las tareas sean realizadas el interventor se puede remitir al Anexo 1: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Auger Boring.

## 6.6 Pozos de acceso

Para dar inicio a proyectos de instalación de nueva infraestructura subterránea utilizando la tecnología del tornillo sin fin es necesario realizar la excavación de dos pozos. El primero, en el cual se ubicará la máquina para empezar el proceso de perforación del suelo, y un segundo pozo de recepción, en el cual culmina la obra. Estos deben ser realizados de un tamaño previamente calculado, con taludes específicos y profundidades determinadas, todo en concordancia con los estudios realizados. Para esta tecnología, se deben verificar las siguientes características:

- Profundidad.
- Dimensiones.
- Taludes.
- Drenaje.
- Asentamientos.

### 6.7 Instalación y manejo de equipos.

Una vez realizado el pozo de inserción, se procede a instalar la maquinaria correspondiente. Los equipos necesarios se muestran en la Tabla N°6.

Equipo	Descripción
<b>Torre grúa.</b>	Es necesario el uso de una torre grúa durante todo el proceso de la obra. Por un lado, este equipo es el encargado de la colocación de la máquina del tornillo sin fin dentro del pozo de inserción. Por otro lado, también se encarga de recoger el material excavado del pozo y depositarlo en la volqueta.
<b>Rieles</b>	Los rieles deben ir ubicados al fondo del pozo para sostener la máquina del tornillo sin fin. Éstos deben ser colocados en la dirección de la excavación, con la inclinación respectiva para el proyecto.
<b>Unidad de poder hidráulico.</b>	El torque y la fuerza de la cabeza del tornillo son obtenidos de este equipo.
<b>Camisa de protección.</b>	Este elemento se utiliza para la protección, tanto del equipo, como de la tubería a instalar. Se ubica inmediatamente después de la cabeza de la máquina.
<b>Máquina del tornillo sin fin.</b>	Esta es la máquina principal del proyecto. Es la encargada de realizar la

	excavación y la penetración del suelo, al igual que de instalar la nueva tubería.
<b>Teodolito.</b>	Este instrumento es de gran importancia al inicio de la obra, puesto que con él se verifica la longitud de perforación y la ubicación exacta de la cabeza del tornillo. (Solo se utiliza en caso de que el tornillo sin fin no sea de cabeza dirigible).

---

Tabla N° 6: Equipos para utilización de la máquina del tornillo sin fin.

Para conocer los requerimientos del operario de la maquina del tornillo sin fin dirigirse al Anexo 10: Requisitos del operario de maquina de tornillo sin fin.

## 6.8 Manejo de flujo

El interventor deberá vigilar que tanto los pozos, como los agujeros estén libres de todo tipo de aguas residuales para evitar desmejorar la calidad de los suelos y que esto perjudique la obra o el rendimiento de la misma. Las obras de drenaje se pueden hacer por inclinación. En el peor de los casos, cuando el caudal de escorrentía lo amerite, se debe utilizar un sistema de bombeo. Estas obras deben ser suministradas por el contratista y el interventor no debe autorizar la instalación de los equipos hasta no verificar que las obras de drenaje se hayan hecho correctamente.

## 6.9 Aplicación de la tecnología

Una de las múltiples razones para el uso de la tecnología del tornillo sin fin es el ahorro de tiempo que esta representa. Para que dicho beneficio se cumpla, el contratista debe maximizar la productividad, sin dejar de lado la calidad de la construcción. Es tarea del interventor hacer cumplir dichas calidades, en cuanto se refiera a tuberías, proceso de excavado, instalación de la infraestructura y direccionamiento.

### 6.9.1 Tuberías

La tubería a instalar mediante el uso del tornillo sin fin debe contar con unas características especiales, desde su proceso de fabricación hasta su materia prima, para poder cumplir con los estándares mínimos de calidad de la tecnología y de la tubería misma (Vargas, Alex and Beltrán, F, 2014). Para la verificación de esto el interventor debe definir, previo al inicio de la excavación, un procedimiento para la revisión de las tuberías a instalar, con su debido cronograma. La interventoría debe revisar cada uno de los pasos por los que atraviesa la tubería, desde la materia prima pasando por su producción, transporte, almacenamiento, métodos de carga y descarga hasta su preparación para instalación.

#### 6.9.1.1 Producción

Para poder garantizar una obra de calidad, la interventoría debe comprobar que todos los procesos sean realizados de manera efectiva contando con la calidad mínima exigida por las normas. Esto empieza desde la fabricación de las tuberías; cualquiera sea su material. Se deben verificar las materias primas y los procesos empleados en la fabricación de tuberías. Por ende, la interventoría debe designar a una persona o equipo que haga visitas periódicas a la fábrica que supe los tubos. En estas, dicha persona debe registrar y comparar todo lo observado con lo establecido por las normas, como la BS 1916, para el caso de tuberías de concreto. Se deben verificar: Primero, que los insumos sean materiales de calidad. Segundo, que los procesos de fabricación estén de acuerdo con la certificación de la empresa, tal como el ISO 9001. Una vez el tubo sea elaborado, se debe comprobar que apruebe los ensayos requeridos en las normas. Por último, se deben buscar las fallas en el tubo, y la manera de su reparación, debido a que en el proceso de instalación no se pueden usar tubos defectuosos.

### 6.9.1.2 Cargue y descargue

El movimiento de las tuberías debe ser realizado por equipos aptos para tal fin, como montacargas, retroexcavadoras o grúas. En el caso de los dos primeros equipos, se debe comprobar que cuenten con la capacidad de carga necesaria para cargar el peso del tubo o los tubos que llevaran a la vez, como se ve en la Imagen N°16. Las uñas del equipo deben ser adecuadas para no repercutir en daños a la tubería (Revinca, 2011).



Imagen N°16: Montacargas para transporte de tuberías (Revinca, 2011).

Dichas uñas deben estar abiertas al máximo y lo más cerca de la carga al recoger la tubería, para evitar inestabilidad en la máquina que pueda terminar en daños de la tubería, del equipo e incluso heridas al personal (Revinca, 2011).

Para la descarga del equipo, se deben usar cintas de nylon anchas para asegurar la carga. Otros materiales podrían representar fisuras o daños superficiales en la tubería. En este momento, el operador debe ser cuidadoso, de modo que el tubo no presente gran cantidad de giros ni golpes (Revinca, 2011).

### 6.9.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento de las tuberías y sus accesorios esta dictado por los fabricantes ya que cada uno tiene sus propias consideraciones. Algunas son generales, como el apilamiento de tubos en camas de modo que no se crucen unos con otros. Este arreglo debe ser bloqueado en los extremos, de modo que no se presenten rodamientos laterales. Otra consideración importante, es que el sitio de almacenamiento debe ser lo suficientemente grande para permitir que la máquina transportadora manibre dentro de este sin mayores obstáculos. Por último se tienen procedimientos propios de cada empresa, como la cantidad de tubos que pueden ser apilados en camas, el tiempo de almacenamiento, la temperatura, entre otros (Revinca, 2011).



Imagen N°17: Cama de tubos (Mega Storage Systems, 2014).

Por otro lado, los accesorios de tuberías tienen sus propias consideraciones de almacenamiento. Aunque solo se utilice un almacén en la obra, los accesorios deben estar en condiciones de temperatura y humedad específica, de modo que no presenten deterioros que repercutan en perjuicios para la tubería una vez sea instalada (Revinca, 2011).

### 6.9.2 Excavación

La interventoría debe asegurarse de que el trazado de la excavación sea el correcto. Para esto, es necesario el uso de un teodolito, operado por un topógrafo capacitado, que permita conocer la posición exacta de la tubería a medida que va siendo excavada subterráneamente. Aunque la máquina de tornillo sin fin con cabeza dirigible es de gran precisión y no presenta mayores desviaciones, cuando el equipo no cuenta con dicho accesorio se pueden cometer errores que deben ser advertidos por la interventoría.

Por otra parte el interventor también tiene entre sus tareas comprobar que el asentamiento no exceda al calculado, tanto en el pozo de lanzamiento como en el túnel de excavación. En el primero, el suelo recibe una gran cantidad de cargas provenientes de la máquina, los operarios, los tubos, entre otras. Por ende, se deben vigilar que los asentamientos estén en el rango admisible, según indique el estudio de suelos. Para esto, la interventoría debe instalar equipos en el pozo de lanzamiento y a lo largo de todo el trazado de la tubería para comprobar las deformaciones presentadas.

### 6.9.3 Instalación de la tubería

Antes de proceder a instalar la tubería, el contratista debe utilizar el sistema de guiado de la máquina, en caso que lo posea, o verificar el trazado por medio de un teodolito para comprobar la dirección e inclinación de la excavación de la tubería. Es decir que la máquina con sistema de guiado, previo a la instalación, realiza una excavación de reconocimiento.

Una vez trazado el lineamiento, se procede a la instalación de la tubería, la cual se ubica detrás del tornillo sin fin. Así, mientras la máquina excava y avanza por el suelo, la tubería va quedando instalada. Debido a la corta longitud de los tramos de tubería, la junta debe ser realizada cada vez que cierta distancia de la misma haya penetrado el suelo. Este proceso debe ser en concordancia con la norma pertinente, la cual se puede observar en el capítulo 6.12

Otro método que se puede utilizar, cuando las tuberías sean de materiales menos resistentes, es la instalación de esta por el pozo de recepción. La instalación mediante este método se realiza perforando todo el tramo de la tubería con el tornillo sin fin, sin arrastrar la tubería tras de sí, y por el contrario, una vez el equipo salga al pozo de recepción, este trabaja en reversa para halar la tubería y dejarla en la posición deseada.

Para verificar que todas las tareas realizadas garanticen una correcta aplicación de la maquina del tornillo sin fin, el interventor puede dirigirse al Anexo 4: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Auger Boring.

## **6.10 Seguridad industrial**

Para poder cumplir con una obra libre de accidentes, el interventor debe comprobar que ciertos aspectos sean cumplidos por todas las personas involucradas en el proceso de construcción, tales como: Uso adecuado y en todo momento de botas, cascos, gafas y tapa oídos. Otros trabajos específicos, pueden requerir el uso de guantes o tapabocas.

De igual modo, se debe verificar en todo momento el comportamiento de los trabajadores alrededor de la maquinaria, para evitar accidentes a causa de descuidos. La máquina del tornillo sin fin puede llegar a trabajar con fuerzas muy potentes, que en caso de entrar en contacto con una persona, puede llegar a causar un grave accidente para su integridad física. Por lo tanto, es importante delimitar una distancia prudente entre la zona de circulación y la máquina. Del mismo modo, es necesario estipular controles que regulen el contacto físico entre los involucrados en la obra y los desperdicios producidos por la máquina, ya que en muchos casos pueden llegar a ser tóxicos.

A continuación se enlistan las obligaciones que se deben tener en cuenta para cumplir con los requisitos de seguridad industrial:

- Siendo este uno de los temas más importantes en la obra debido a que se trata de la salud y el bienestar de los empleados, la ley ampara a los trabajadores, y es deber de la interventoría comprobar que dichas leyes se cumplan a cabalidad, como la resolución 2413 de 1979, en la cual se establece las medidas de seguridad para la construcción.
- Para empezar, el contratista debe tener una persona encargada de supervisión interna del tema de seguridad industrial y salud ocupacional para verificar el correcto cumplimiento de las políticas nacionales, como el Decreto 614 de 1984 del Ministerio de Trabajo, el cual vela por la salud de los trabajadores, en cuanto a riesgos laborales y enfermedades. Es deber de la misma persona, y sujeto a verificación de parte del interventor, comprobar que todas las personas relacionadas con la obra, de manera directa o indirecta, cuenten con ARL (Aseguradora Riesgos Laborales), como lo dice la ley 100 de 1993, el Decreto 806 de 1998 y la regulación 1016 de 1998, con el fin que estén protegidos contra cualquier accidente laboral o enfermedad.
- De manera mensual, el interventor debe solicitar al contratista los pagos de EPS y ARL de todos los empleados a las debidas compañías prestadoras del servicio. El interventor debe estar al tanto de todos los cambios que se realicen.
- En caso que lo anterior no se cumpla, y los empleados queden desafiados de las empresas prestadoras de servicio de salud, el interventor debe detener la realización de cualquier tipo de actividad en la obra.
- Por otra parte, la interventoría debe verificar que el contratista realice una lista de actividades peligrosas en la obra, como las mencionadas al principio de este subcapítulo, y factores de riesgo, de acuerdo con el proceso constructivo elegido. En base a esto, se deben tomar medidas que mitiguen los peligros para los trabajadores directos de la obra.
- El interventor debe comprobar que se realicen las charlas de capacitación necesarias por parte del contratista, de modo que se les brinde información a todos los trabajadores acerca de los peligros de la labor y como evitarlos.

- En caso que una persona en específico presente una disminución en su producción, la interventoría debe realizar un seguimiento de las acciones del contratista.
- Mensualmente se realizarán reuniones entre el contratista y el interventor, de modo que la interventoría presente un informe del análisis realizado en cuanto a la seguridad de la obra del pasado mes. Luego de esto, el contratista debe realizar las correcciones de los errores o acatar las solicitudes del interventor.
- En caso que ocurran situaciones que pongan en peligro a los trabajadores, el interventor debe informar de manera inmediata al contratista para que tome las medidas necesarias.

Para apoyo del interventor se puede dirigir al formato en el Anexo 7: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Auger Boring.

## **6.11 Manejo impacto ambiental**

Todas las tareas realizadas directa o indirectamente en la obra son responsabilidad del contratista, al igual que el impacto ambiental generado, ya sea directamente por él o por un subcontratista. Es deber de la interventoría vigilar que las normas se cumplan, de modo que el perjuicio generado al medio ambiente sea el mínimo posible.

Por eso, en este capítulo se explican los lineamientos a seguir en el manejo del impacto ambiental con el fin de garantizar una obra con mínima contaminación, donde las emisiones se vean minimizadas y la comunidad tenga la menor afectación posible. Se presentan a continuación las tareas que puedan presentar riesgos y la adecuada forma de mitigar los mismos.

### **6.11.1 Maquinaria y equipos**

Para la realización de obras utilizando la tecnología Auger Boring se deben utilizar una serie de máquinas y equipos que funcionan con combustibles diésel o gasolina, los cuales pueden llegar a ser perjudiciales para el medio ambiente y la salud. Es necesario mitigar dichos problemas para garantizar una buena construcción de la obra.

#### **6.11.1.1 Transporte**

En la utilización de la tecnología Auger Boring se necesitan una serie de máquinas pesadas, como la máquina del tornillo sin fin y la torre grúa. El transporte de estas, desde su parqueadero hasta el sitio de la obra, debe realizarse de acuerdo a las normas de la ciudad para tal fin.

Las diferentes ciudades de Colombia cuentan con sus propias normas y restricciones en cuanto a transporte de vehículos pesados y horarios. Primero, el transporte de la maquinaria debe ser realizado en una cama baja, especialmente destinada para este uso. Segundo, dicho vehículo debe contar con las señalizaciones pertinentes que la interventoría considere adecuadas, tales como señales de carga larga, carga ancha, carga peligrosa, entre otras. Por último, se debe hacer un acompañamiento de parte de vehículos especiales o policías en los casos que se considere necesario, según las características del equipo transportado.

Por otro lado, una vez las máquinas se encuentren ubicadas dentro del sitio de la obra, no se les permitirá la salida del mismo por cuenta propia, es decir que los vehículos capaces de transitar por sus propios medios, no podrán desplazarse sobre las calles de la ciudad que no se encuentren dentro del cerramiento de la obra.

### 6.11.1.2 Emisiones

Todas las máquinas que funcionan a través de combustibles diésel y gasolina generan unas emisiones que son arrojadas al medio ambiente y pueden ser contaminantes, ya sean, partículas, gases o emisiones de ruido.

Para velar por la menor afectación al medio ambiente, el interventor debe verificar el estado de las máquinas antes de ingresar a la obra. Por lo que es recomendable, en la construcción de cualquier tipo de obra, la utilización de máquinas de modelos recientes. Sin embargo, para garantizar que el estado de los equipos sea apropiado para la utilización de la misma, la interventoría debe solicitar al contratista o al dueño de la máquina los siguientes documentos:

- Hoja de vida de la máquina
- Certificado de emisión de gases del vehículo
- Escape a más de tres metros (Vehículo diésel)
- Seguro obligatorio

#### 6.11.1.2.1 Emisiones de ruido

El interventor está encargado de velar porque las máquinas utilizadas en la obra no generen una contaminación auditiva que superé los límites permisibles establecidos por el Estado. Por esto, el interventor debe recurrir a las leyes y regulaciones Colombianas para garantizar el cumplimiento de las mismas. Tal como la resolución 8321 de 1983, donde se regulan los límites por contaminación auditiva producida por maquinaria de construcción, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud de las personas vecinas a la obra, que se pueden ver afectadas por los excesos de ruido en horarios no permitidos.

#### 6.11.1.2.2 Emisiones de gases y partículas

Las máquinas de construcción por lo general son vehículos que trabajan con diesel o gasolina, los cuales pueden producir emisiones muy contaminantes al medio ambiente. Debido a lo anterior, el interventor debe supervisar que los gases generados o sus partículas arrojadas no superen los límites permisibles, puesto que puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores en la obra y de los vecinos a la construcción. De modo que se vele por el bienestar de los ciudadanos la alcaldía de Bogotá, por medio de la resolución 005 de 1996, regula las emisiones contaminantes producida por fuentes móviles a gasolina o diésel, tal como la maquinaria pesada. Ahí, el interventor, puede encontrar los procedimientos de medición junto con los límites permisibles, en Tablas de tolerancias, de partículas por millón, gases, ruidos, entre otros.

#### 6.11.1.3 Derrames de material

En caso que alguna de las máquinas actuantes en la obra presente un derrame de material sobre el espacio público, fuera del cerramiento de la obra, el interventor debe verificar que dicho desperdicio sea recogido de forma inmediata por el operario, por ende debe tener los elementos necesarios para hacerlo. Del mismo modo se debe también limpiar el equipo para que al momento de su salida, no contamine la carretera por la cual va a transitar.

#### 6.11.2 Manejo de residuos

Para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la obra misma el interventor debe controlar el manejo de los desperdicios generados a lo largo toda la construcción. Los desechos deben ser manejados de manera adecuada en cada una de sus etapas, las cuales se explican a continuación:

### **6.11.2.1 Generación de residuos**

En obras utilizando el tornillo sin fin se genera una gran cantidad de escombros debido a la excavación de los pozos de lanzamiento y de recepción. Por un lado, la estructura superficial es removida con previa autorización del interventor, sin la cual no se puede adelantar ninguna tarea de demolición.

Para esto se deben tratar de mitigar los impactos ambientales al máximo. Primero, se deben usar métodos de demolición que produzcan la menor cantidad de polvo posible. Segundo, los elementos de concreto o asfalto no deben ser fragmentados en grandes cantidades, de modo que no se genere una contaminación sonora muy alta. Y por último, se debe evitar en la medida de lo posible realizar voladuras, que finalmente contaminan más el medio ambiente.

Por otro lado, se encuentran los escombros producido por la excavación del recorrido de la tubería. Para el caso del tornillo sin fin, la misma máquina es encargada, al tiempo que realiza la excavación, de transportar el desperdicio de suelo hacia un lugar previamente acomodado junto al equipo.

### **6.11.2.2 Almacenamiento**

Una vez generados los escombros, el interventor debe verificar que el material se encuentre en las condiciones adecuadas, previas a la posterior disposición del material. La interventoría cuenta con la resolución 541 de 1994 para verificar todos los procesos del manejo de escombros o residuos generados por la construcción. Los cuales deben ser almacenados en un lugar donde se disminuya la emisión de partículas por millón hacia el aire. De igual modo el interventor debe revisar que los escombros sean debidamente humedecidos, con el fin de minimizar la expulsión de polvo de los mismos.

El interventor debe estar siempre atento a que los desperdicios nunca sean dispuestos fuera del cerramiento de la obra.

### **6.11.2.3 Disposición**

El interventor está encargado de verificar y aprobar la disposición de todos los desperdicios generados. Desde su transporte, el cual debe ser controlado detalladamente, en cuanto a tipo, capacidad y estado del vehículo; hasta su disposición final, la cual debe ser realizada en un botadero certificado, con todos los permisos pertinentes.

### **6.11.3 Residuos líquidos**

Los residuos líquidos causados por la máquina del tornillo sin fin pueden ser agua o combustibles. Es deber del interventor supervisar que dichos desperdicios sean adecuadamente tratados, de modo que se evite la contaminación del suelo y de la tubería que se está instalando.

#### **6.11.3.1 Combustibles**

Al momento de llenar el tanque de combustible de la máquina, se debe seguir un procedimiento previamente determinado, ya que esta máquina no se puede desplazar por sí misma.

En caso de presentarse derrames, el interventor debe comprobar que el contratista realice la limpieza de forma inmediata. Si el derrame es de gran magnitud, el suelo afectado deber ser transportado a un sitio especial para su debido tratamiento. De igual modo se deben limpiar los alrededores con elementos que no produzcan mayores complicaciones. Inmediatamente el interventor debe suspender todas las actividades que se estén realizando en ese momento y no podrán ser reanudadas hasta que el sitio sea completamente seguro nuevamente.

### **6.11.3.2 Líquidos**

El interventor debe solicitar la construcción de diques que conduzcan los líquidos fuera del área de influencia. En este se pueden utilizar lodos poliméricos que permiten la sedimentación de las partículas en el líquido y se empieza una limpieza previa del agua o de cualquier líquido.

### **6.11.4 Horarios**

El interventor deberá verificar el cumplimiento de los horarios establecidos y aprobados por la autoridad competente para el desarrollo de las obras.

### **6.11.5 Limpieza de la obra**

Aunque es elección del contratista la limpieza de su sitio de operación, el interventor debe supervisar dos aspectos: primero, que los sitios circundantes a la obra se encuentren debidamente aseados y segundo, que los niveles de limpieza sean los suficientes para no producir contaminación o afectaciones a los vecinos, por malos olores, afectaciones paisajísticas, entre otros.

El interventor debe comprobar que existan diferentes cuadrillas de limpieza. Una por cada frente de trabajo, y una más limpiando siempre las vías aledañas a la obra. La limpieza general se debe realizar al menos una vez al día, cuando acabe la jornada, sin embargo el interventor está encargado de verificar que en ningún momento se encuentre material peligroso para los trabajadores en el sitio de la obra. Por otra parte, la interventoría debe revisar que los señalamientos exteriores de la obra se encuentren siempre en buen estado, de modo que sea visible para los transeúntes de la zona.

### **6.11.6 Reforestación**

El interventor está encargado de verificar que se cumplan las leyes que protegen el paisaje, el medio ambiente y las zonas forestales. Para esto, cuenta con leyes como el Decreto 1715 de 1974, en el cual el Estado vela por los intereses paisajísticos de la comunidad. Por ende, la interventoría debe realizar un inventario de los árboles o la vegetación a remover, para luego poder realizar el trasplante de los árboles que sea posible, o la siembra equivalente según el tipo de árbol removido.

## **6.12 Conexión e inspección del trabajo realizado**

Puesto que la interventoría es la encargada de velar por los intereses del contratante, esta es la encargada de inspeccionar la tubería instalada, con el fin de detectar defectos en la misma, como:

- Tubos en mal estado.
- Malos empates.
- Filtraciones.
- Fisuras.
- Deflexiones.
- Humedad en las juntas.

### **6.12.1 Inspección**

La inspección de estas tuberías se realizará al final de cada tramo, es decir, una vez la tubería instalada desde el pozo de lanzamiento ha alcanzado el pozo de recepción, con sus debidos empalmes.

Como la tecnología del tornillo sin fin permite realizar la instalación de tuberías con un gran rango de diámetros, se deben considerar dos opciones para su inspección. Primero, los casos en los que el diámetro sea suficientemente grande para que el interventor pueda entrar en la tubería. Segundo, cuando el diámetro de la tubería es relativamente pequeño, y se debe realizar la inspección por medio de cámaras de video o televisión.

### **6.12.1.1 Diámetros grandes**

El interventor debe entrar en la tubería junto con un representante del contratista y caminar atreves de esta en busca de desperfectos como los mencionados anteriormente. Todos los elementos que no se encuentren en un estado apto para el funcionamiento de la tubería, deben ser documentados por el interventor con fotos y videos, si es necesario.

### **6.12.1.2 Diámetros pequeños**

En los casos que el interventor no pueda acceder personalmente en la tubería, la revisión se realizará mediante equipos especiales, provistos con cámaras de video en alta definición, que permitan detectar imperfecciones en la tubería o en el método constructivo.

Una vez se han identificado los problemas dentro de la tubería por parte del interventor, se debe remitir dicho informe al contratista, para que este plantee las medidas correctivas a tomar, con el fin de garantizar las condiciones contractuales pactadas y el posterior recibimiento a satisfacción por parte del contratante.

## **6.12.2 Pruebas**

El interventor debe solicitar la realización de dos pruebas sobre la tubería para verificar que esta es apta para el transporte de agua, gas o cualquier otro material que se vaya a transportar.

### 6.12.3 Conexiones

El interventor debe garantizar que se realicen ciertas actividades para que la tubería instalada se conecte de manera correcta con el sistema existente, para esto es necesario que ocurra lo descrito en la Imagen N°19; además la interventoría debe asegurarse que tanto tuberías como accesorios cumplan con lo estipulado en el numeral 6.4.

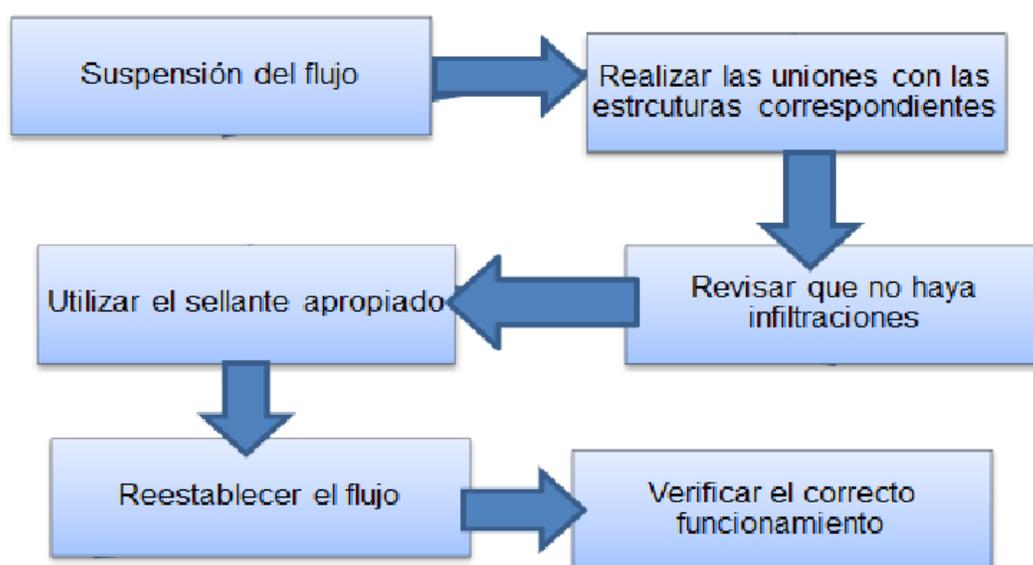


Imagen N°19: Diagrama de flujo proceso de conexión (Mahecha, 2013; Swarup, Niranjana, 2012)

### 6.13 Criterios de aceptación

ITEM	Especificación	Norma
<b>Materiales</b>		
<b>Agua</b>	Se debe comprobar que el agua utilizada para la obra sea potable	NTC 3459
<b>Agregado Fino</b>	El rango del modulo de finura de los agregados será de 2.6-3.5; la gravedad especifica mínima será de	ASTM C 40

2.6.		
<b>Agregado Fino</b>	Los agregados que pasen por el tamiz #200 no serán mayores al 3% del peso.	ASTM C117
<b>Agregado Grueso</b>	La gravedad especifica no será menor a 2.6	ASTM C127
<b>Cemento</b>	El cemento solvente utilizado en tubos plásticos debe cumplir con las regulaciones de la normatividad Colombiana.	NTC 576
<b>Concreto</b>	En caso que se utilice concreto premezclado, este debe ser adquirido en una empresa responsable que cumpla con las condiciones de la norma.	ASTM C94
<b>Concreto</b>	El fabricante debe ser capaz de ofrecer tubos con resistencias iguales o superiores a 40 Mpa.	N/A.
<b>Tuberías</b>		
<b>Tuberías de concreto</b>	Los tubos de concreto sin refuerzo deben soportar los ensayos de aplastamiento, absorción, permeabilidad y presión hidrostática, como lo requiere esta norma	NTC 1022
<b>Tuberías de concreto</b>	Las tuberías de concreto deben ser fabricadas siguiendo los lineamientos de esta norma	BS 1916
<b>Tuberías de concreto</b>	Las tuberías de concreto prefabricadas deben cumplir con las características y el proceso de fabricación especificado en la norma.	BS 5911.
<b>Tuberías de concreto</b>	Para la aceptación de los tubos de concreto por parte del contratista, estos deben cumplir con los requerimientos de esta norma. Tales como ensayos de absorción, permeabilidad y resistencia de los tres apoyos, ya sea para producir una grieta de 0,3mm o hasta la rotura.	NTC 401

<b>Tubos PVC</b>	Los materiales de las tuberías de PVC deben cumplir con las especificaciones resaltadas en esta normatividad.	NTC 369
<b>Tubería PVC</b>	El manejo de las tuberías PVC debe ser en concordancia con los estándares nacionales e internacionales.	NTC 369; ASTM F 402
<b>Tubería PVC</b>	La tubería en PVC debe ser sometida al ensayo de resistencia a los impactos por medio de una baliza.	NTC 1125
<b>Tubería PVC</b>	Las tuberías de PVC con diámetro entre 0,1m y 0,375m deben seguir la norma	NTC 1748; ASTM D 3034
<b>Tubería PVC</b>	Las tuberías de PVC con diámetro entre 0,45m y 0,675m deben seguir la norma	ASTM F 679
<b>Tubería de acero</b>	Todos los tubos deben estar identificados para conocer su procedencia. Su grosor será de acuerdo a la presión y nunca menor a 6mm	AWWA C-200
<b>Tubería de acero</b>	La resistencia mecánica de los tubos de acero debe cumplir con los requisitos especificados en estas normas	ASTM A 53; ASTM A 106; ASTM a 120
<b>Tubería Polietileno</b>	La presión de trabajo varia de 158Psi a 267 Psi según la RDE.	NTC 3664; ASTM D 3035
<b>Tuberías</b>	La pared de la tubería debe ser lo suficientemente grande para su diámetro. Se pueden encontrar los parámetros en estas normas	NTC 401; ASTM C 76
<b>Tuberías</b>	Todos los tubos deben resistir los ensayos requeridos en la norma Colombiana, como el de fisura y rotura.	NTC 401
<b>Tuberías</b>	En tuberías de diámetro mayor a 1.6m, la tubería debe soportar fuerzas superiores a 250 T	N/A.

### **Accesorios.**

<b>Juntas</b>	El empaque pre moldeado de las juntas que llevan las juntas de expansión deberá ser colocado 24 horas antes y en concordancia con el diámetro de la tubería.	ASTDM 1752
<b>Juntas</b>	Las juntas de las tuberías deben ser sometidas a prueba y obtener resultado aceptables según esta norma.	ASTM 1103
<b>Juntas</b>	Todas las juntas deberán ser probadas después de su instalación utilizando métodos de baja presión de aire de acuerdo con la norma.	ASTM C828
<b>Juntas</b>	Las juntas de empaque de caucho para tuberías de concreto no pueden sufrir elongaciones mayores al 30% de su circunferencia. De igual modo deben cumplir con los demás requisitos especificados en esta norma.	NTC 1328
<b>Juntas</b>	Las uniones de tuberías PVC deben cumplir con la temperatura, presión y demás características especificadas en esta norma	NTC 5037
<b>Accesorios metálicos</b>	Los accesorios metálicos deben ser protegidos como se indica en el numeral 5 de esta norma para protegerlos de la corrosión	NEGC 701-1
<b>Accesorios metálicos</b>	Todos los accesorios metálicos deben cumplir las características y dimensiones especificadas en la norma	AWWA C-208
<b>Accesorios de polietileno</b>	Los accesorios de polietileno de alta densidad deben cumplir con las referidas normas según el tipo de unión.	NTC 3409; NTC 3410; NTC 4843
<b>Excavado</b>		
<b>Seguridad</b>	Se deben tener en cuenta los lineamientos de seguridad para maquina tuneladoras como la maquina del tornillo sin fin, especificados en la norma británica.	BS EN 12336

<b>Estudios y muestreos</b>	El uso de la maquina del tornillo sin fin se debe realizar acorde a los lineamientos presentados en esta norma.	ASTM D1452-09
<b>Diámetro</b>	Para tubos menores a 60cm, el diámetro interno no debe superar una tolerancia de 1.5% de error. Para tubos mayores a 60cm la tolerancia del diámetro interno será del 1%	NTC 401
<b>Espesor de pared de tubería</b>	El espesor de la pared de la tubería puede variar en una rango de 5mm o 5%, el numero mayor, con respecto al calculado.	NTC 401
<b>Infiltraciones</b>	Luego de la prueba hidrostática, el tubo no puede presentar filtraciones de ningún tipo.	N/A.
<b>Infiltraciones</b>	La prueba hidrostática debe ser realizada acorde a la norma.	BS 5911.
<b>Asentamientos</b>	Los asentamientos máximos permisibles serán dados por el estudio de suelo.	N/A.
<b>Tolerancia</b>	Para maquinas de tornillo sin fin con cabeza dirigible, la desviación no debe superar 5cm en tramos de hasta 100m.	N/A.

Tabla N°11: criterios de aceptación Auger Boring.

## 6.14 Restitución del espacio

Una vez se ponga en funcionamiento la tubería instalada y se hayan acabado todas las tareas de instalación, el interventor debe verificar que sean realizadas una serie de actividades que garanticen la restitución del espacio donde se llevaron a cabo las diferentes tareas, es decir que el lugar de ejecución de la obra quede en iguales o mejores condiciones que al inicio de la obra, dichas tareas son:

- Limpieza de desperdicios dentro de la tubería.
- Retiro de maquinaria y equipos.

- Retiro de escombros y materiales.
- Remoción de estructuras temporales.
- Levantamiento de campamentos y almacenes.
- Sellamiento de pozos.
- Tratamiento del suelo.
- Siembra de árboles compensatoria (En caso que se remuevan arboles).
- Reconstrucción de estructuras superficiales (En caso que sea necesario demoler estructuras superficiales para la construcción de pozos).
- Retiro de elemento de cerramiento de la obra.
- Restitución de señalización vehicular.

## 7. Interventoría en Impact Moling

Este capítulo describe los aspectos específicos de la interventoría de la tecnología Impact Moling (Topo de percusión):

- Cuadro normativo.
- Plan de manejo de tránsito (PMT).
- Inspección de Infraestructura aledaña.
- Materiales.
- Disposición del sitio de obra.
- Pozos de acceso.
- Instalación y manejo de equipos.
- Manejo del flujo.
- Aplicación de la tecnología.
- Seguridad industrial.
- Manejo del impacto ambiental.
- Conexión e inspección del trabajo realizado.
- Criterios de aceptación.
- Restitución del espacio.

Esta técnica es aplicada a la instalación de nuevas tuberías con diámetros pequeños y distancias cortas, funciona mediante un martillo impulsado por un compresor de aire, que va golpeando la parte trasera de la tubería, a medida que esta va penetrando el suelo. Se puede encontrar más información acerca de esta tecnología en el capítulo 5.2: Descripción de la tecnología Impact Moling.

## 7.1 Cuadro normativo

Las normas que regulan los aspectos técnicos para infraestructura subterránea son importantes herramientas que el interventor debe utilizar para que se logre un correcto desarrollo de la obra.

Debido a la novedad de las tecnologías sin zanja en Colombia, se dispone en el país de muy pocas normas, por lo cual se hace referencia principalmente a normas internacionales, siendo los principales entes normalizadores:

- Organización internacional de normalización (ISO).
- La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).
- Institución Británica de estándares (BI).
- Instituto Alemán de Normalización (DIN).
- Norma Técnica Colombiana (NTC).
- American Water Works Association (AWWA)
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (CONVENIN).
- Asociación Alemana de Gas y Agua (DVGW GW).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

En la Tabla N°12 se presentan las principales normas relacionadas con la tecnología del topo de percusión:

<b>Norma</b>	<b>Ensayo</b>
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión

<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión
<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad
<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)
<b>AWWA C205</b>	Mortero de cemento
<b>AWWA C210</b>	Pintura epóxica
<b>AWWA C213</b>	Propiedades químicas
<b>INVIAS</b>	Plan de manejo de tránsito
<b>ASTM D3212</b>	Standard Specification for Joints for Drain and Sewer Plastic Pipes Using Flexible Elastomeric Seals
<b>ASTM F2487</b>	Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Corrugated High Density

	Polyethylene and Polypropylene Pipelines
<b>ASTM F1417</b>	Standard Practice for Installation Acceptance of Plastic Non-pressure Sewer Lines Using Low-Pressure Air
<b>DIN 50929-3</b>	Corrosion of metals; probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside; buried and underwater pipelines and structural components
<b>DVGW GW 9</b>	Evaluation Of Soils In View Of Their Corrosion Behaviour Towards Buried Pipelines And Vessels Of Non-Alloyed Iron Material

Tabla N°12: Cuadro normativo para Impact Moling (Transcribe, 2006).

## 7.2 Plan de manejo de tránsito (PMT)

Las obras realizadas con Impact Moling son generalmente pequeñas y no requieren de mucho espacio. Es común que se realicen a un costado de la vía, cerca de las viviendas, sin generar una mayor afectación al tráfico.

Sin embargo, en su planeación se debe contemplar la posibilidad de que los pozos de inserción y recepción no coincidan, dentro de lo posible, con las entradas vehiculares a las viviendas o al comercio.

De igual modo, el contratista debe realizar un PMT, que debe ser avalado por el interventor. Este debe incluir la respectiva señalización para la obra, vías alternas de descongestión y un regulador de tránsito, en los casos que la magnitud de la obra lo amerite.

## 7.3 Inspección de infraestructura aledaña.

El interventor debe realizar un inventario de las estructuras aledañas al sitio de afectación de la obra, donde documente de manera detallada el estado de las mismas, de modo que se puedan verificar afectaciones luego de la construcción. Dicha información deberá quedar consignada en la respectiva Acta de Vecindad.

## 7.4 Materiales

Es responsabilidad de la interventoría comprobar que el contratista realice los ensayos que se han establecido en el contrato, sin importar su naturaleza; también se deben realizar los ensayos que el proveedor ha sugerido. Es importante que para todas las tuberías se hagan los ensayos prueba de infiltración y estanqueidad descritas en la NEGC 801.

Se hace la rotulación de los tubos con el fin de poder llevar a cabo la trazabilidad de las tuberías durante su vida útil, esta rotulación se hace de la siguiente manera:

- Nombre del fabricante.
- Designación del material del tubo.
- Uso.
- Serie de las dimensiones.
- Dimensiones (Diámetro exterior nominal x espesor nominal de la pared).
- Tolerancia del diámetro exterior.
- Presión nominal.
- Serie del tubo.
- Número de la norma ICONTEC.
- Lote de producción

En la imagen N°18 se explica cómo hacer la rotulación del lote de producción.

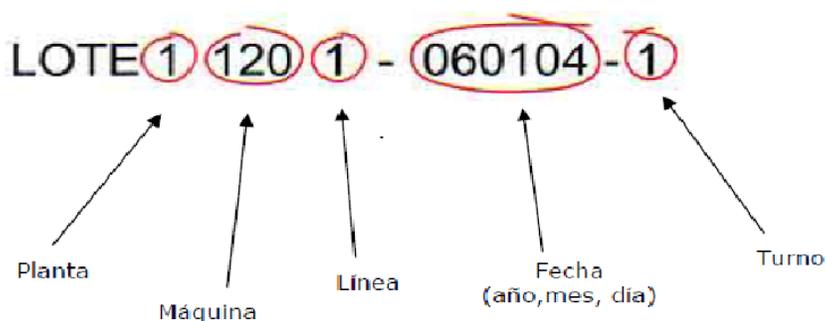


Imagen N°18: Ejemplo de rotulación en tuberías (Gerfor, 2007)

### 7.4.1 Tuberías de polietileno

La interventoría debe inspeccionar las tuberías, esto lo puede hacer gracias a cámaras de video o con una simple revisión visual. Los ensayos de calidad que se deben hacer para este tipo de tuberías se encuentran descritos en la norma NTC 4585 y en la ISO 4427 (Gerfor, 2007). Los ensayos que se han de realizar se describen en la Tabla N°7.

Norma	Ensayo
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión
<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión
<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental

Tabla N°7: Ensayos para tubería en polietileno (Transcribe, 2006)

### 7.4.2 Tubos de concreto

El interventor debe exigir que el contratista presente los sitios donde se obtuvieron los tubos y que los ensayos sugeridos por el fabricante se hayan realizado. Además debe verificar que los productos cumplan con los requerimientos técnicos establecidos en las normas NTC 401, NTC 1022, NTC 1328 y BS 5911.

### 7.4.3 Tubos en PVC

En la tubería de PVC se deben cumplir ciertos requisitos generales, según la norma NTC 1087:

- Los tubos deben tener un corte perpendicular a su eje, sin importar que sean biselados.
- La superficie del tubo, tanto interna como externa debe ser lisa y tener uniformidad en el color. No debe tener ningún tipo de grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones.

Para este tipo de tuberías se deben realizar ensayos destructivos y no destructivos, los cuales se mencionan en la Tabla N°8, esta información es extraída de la norma NTC 1087.

Norma	Ensayo
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad

<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática

Tabla N° 8: Ensayos para tubería PVC (ICONTEC, 2011; Transcribe, 2006)

#### 7.4.4 Tuberías de acero

Para las tuberías de acero, se debe realizar una inspección de la superficie, tanto interna como externa, y se recomienda llevar a cabo los ensayos de calidad de materiales descritos en la Tabla N°9.

<b>Norma</b>	<b>Ensayo</b>
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)

Tabla N° 9: Especificaciones y ensayos en tuberías de acero (EPM, 2013; Transcribe, 2006)

Adicionalmente estas tuberías deben cumplir con las especificaciones de recubrimiento que se pueden hacer en distintos materiales, estos requerimientos están establecidos en una norma determinada y las relaciones de estos se observan en la Tabla N°10.

<b>Norma</b>	<b>Material de recubrimiento</b>
AWWA C205	Mortero de cemento
AWWA C210	Pintura epóxica
AWWA C213	Propiedades químicas

Tabla N°10: Especificaciones en función del material de recubrimiento (EPM, 2013)

## 7.5 Disposición del sitio de obra.

Una vez se cuente con todos los permisos necesarios para dar inicio a la construcción, se procede a la preparación del sitio de obra, es decir, realizar todas las adecuaciones necesarias al lugar en el cual se dará inicio a la excavación. Dichas tareas consisten en:

- Replanteo topográfico.
- Cerramiento del sitio de obra.
- Implementación del plan de manejo de tránsito.
- Demoliciones de infraestructura superficial (Solo en caso que sea necesario).
- Construcción de campamentos, tanto del contratista como de la interventoría.
- Disposición de almacenes temporales y baños.
- Conexión a servicios públicos.
- Remoción de elementos que interfieran el proceso constructivo.

Para corroborar que todas las tareas sean realizadas el interventor se puede remitir al Anexo 2: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Impact Moling.

## 7.6 Pozos de acceso.

Para dar inicio a proyectos de instalación de nueva infraestructura subterránea utilizando la tecnología “Impact Moling” es necesario realizar la excavación de dos pozos. El primero, en el cual se ubicará la máquina para empezar el proceso de perforación del suelo. Y un segundo pozo de recepción, en el cual culmina la obra. Este último pozo puede convertirse también en pozo de inserción, para la instalación de un tramo posterior, en casos que la distancia de tubería supere la capacidad del compresor de aire.

Dichos pozos deben ser realizados con unas características previamente establecidas mediante los cálculos necesarios. Todo en concordancia con los estudios realizados. Para “Impact Moling”, se deben verificar las siguientes características:

- Dimensiones.
- Profundidades.
- Taludes.

A continuación se explica en detalle los numerales anteriores.

#### **7.6.1 Dimensiones.**

Las dimensiones de ambos pozos, de inserción y de recepción, deben ser iguales, pero a su vez, deben cumplir con ciertos requisitos.

Primero, el pozo debe ser lo suficientemente grande para que ingrese, tanto el usuario, como el topo. Es decir, que dependiendo del tamaño del topo, se debe calcular el espacio suficiente para el mismo, más un operador, con espacio suficiente para maniobrar.

Por otro lado, al momento del cálculo del pozo, también se contempla la tubería a instalar. Para esto se debe tener en cuenta la longitud del tramo de tubería y su diámetro, que en la mayoría de los casos es lo suficientemente pequeño, para que la tubería se pueda flexionar y empezar a introducir desde fuera del pozo.

#### **7.6.2 Profundidades.**

Para evitar que aparezcan afectaciones en la superficie del área intervenida, es necesario realizar una instalación de la tubería a una profundidad lo suficientemente amplia, la cual, es mayor a 10 veces el diámetro de la tubería.

Por el lado opuesto, la tubería, debido a sus pequeños diámetros, no debe ser instalada a más de tres metros de profundidad, puesto que la presión del suelo puede llegar a dañarla. Esta información puede llegar a variar un poco dependiendo del estudio de suelo.

### 7.6.3 Taludes.

Este ítem es supremamente importante y debe ser realizado de manera perfecta, ya que del talud en el cual se instale la máquina, dependerá el camino que tome el martillo con su respectivo ángulo de desviación vertical. Cabe resaltar que una vez el martillo haya perforado el suelo no puede corregir su desviación, a menos que cuente con una cabeza dirijible.

### 7.7 Instalación y manejo de equipos.

Una vez realizado el pozo de inserción, se procede a instalar la maquinaria correspondiente. Para la tecnología Impact Moling, los equipos necesarios se muestran a continuación:

- Rieles
- Compresor de aire.
- Mangueras
- Topo de percusión.

El interventor de igual modo está encargado de supervisar el correcto uso de dicho equipos. Así, como de verificar que el operario cumpla con los requisitos y la experiencia necesaria. Algunas de las exigencias más importantes que debe cumplir el operario son:

- Tener las condiciones físicas y las aptitudes necesarias para poder manipular el martillo y maniobrar en el pozo de inserción.

- Ser capaz de actuar de manera rápida y eficiente, ante la presentación de problemas, ya que Impact Moling es un sistema de instalación de tuberías con rápido avance, por lo que, ante el surgimiento de percances, el operario debe tomar acciones para prevenir mayores inconvenientes.
- Poseer algún documento o certificación que indique que ha sido capacitado en el uso de la máquina.

Para mayor información sobre los requisitos que debe cumplir el operario de Impact Moling, dirigirse al Anexo 11: Requisitos del operario de maquina del topo de percusión.

A continuación se explican en detalle los equipos mencionados en los numerales previos:

#### **7.7.1 Rieles**

Sobre éstos se ubica el martillo. Son de gran importancia ya que de su nivelación depende el talud con el cual arranca el martillo. La importancia del talud se puede ver en el capítulo 8.5.3.

#### **7.7.2 Compresor de aire.**

De este equipo depende la rapidez y la distancia de instalación de nuevas tuberías. Es el encargado de proporcionar la fuerza y empujar el martillo, para que este penetre el suelo. La longitud máxima alcanzada de instalación depende de la capacidad del compresor.

### **7.7.3 Mangueras.**

Son las encargadas de conectar el martillo al compresor de aire. Se deben utilizar mangueras diseñadas para dicho fin, puesto que en Impact Molding, no se pueden permitir errores, como fugas de aire ya que debilitan la fuerza del martillo, y por ende la eficiencia del proyecto.

### **7.7.4 Topo de percusión.**

Es el encargado de penetrar la tierra y realizar la excavación, mediante una serie de golpes, que expanden el suelo hasta dejar espacio suficiente para la nueva tubería. Para mayor información dirigirse al capítulo 5.2

### **7.8 Manejo del flujo.**

El interventor deberá vigilar que tanto los pozos, como los agujeros estén libres de todo tipo de aguas residuales para evitar desmejorar la calidad de los suelos y que esto perjudique la obra o el rendimiento de la misma. Las obras de drenaje se pueden hacer por inclinación. En el peor de los casos, cuando el caudal de escorrentía lo amerite, se debe utilizar un sistema de bombeo. Estas obras deben ser suministradas por el contratista y el interventor no debe autorizar la instalación de los equipos hasta no verificar que las obras de drenaje se hayan hecho correctamente.

### **7.9 Aplicación de las tecnologías**

Una de las múltiples razones para el uso de la tecnología del topo de percusión es el ahorro de tiempo que esta representa. Para que dicho beneficio se cumpla, el contratista debe maximizar la productividad, sin dejar de lado la calidad de la construcción. Es tarea del interventor hacer cumplir dichas calidades, en cuanto se

refiera a tuberías, proceso de excavación, instalación de la infraestructura y direccionamiento.

### **7.9.1 Tuberías**

La tubería a instalar mediante el uso del topo de percusión debe contar con unas características especiales, desde su proceso de fabricación hasta su materia prima, para poder cumplir con los estándares mínimos de calidad de la tecnología y de la tubería misma (Vargas, Alex and Beltran, F, 2014). Para la verificación de esto el interventor debe definir, previo al inicio de la excavación, un procedimiento para la revisión de las tuberías a instalar, con su debido cronograma. La interventoría debe revisar cada uno de los pasos por los que atraviesa la tubería, desde la materia prima pasando por su producción, transporte, almacenamiento, métodos de carga y descarga hasta su preparación para instalación.

#### **7.9.1.1 Producción**

Para poder garantizar una obra de calidad, la interventoría debe comprobar que todos los procesos sean realizados de manera efectiva contando con la calidad mínima exigida por las normas. Esto empieza desde la fabricación de las tuberías; cualquiera sea su material. Se deben verificar las materias primas y los procesos empleados en la fabricación de tuberías. Por ende, la interventoría debe designar a una persona o equipo que haga visitas periódicas a la fabrica que supe los tubos. En estas, dicha persona debe registrar y comparar todo lo observado con lo establecido por las normas, como la BS 1916, para el caso de tuberías de concreto. Se deben verificar: Primero, que los insumos sean materiales de calidad. Segundo, que los procesos de fabricación estén de acuerdo con la certificación de la empresa, tal como el ISO 9001. Una vez el tubo sea elaborado, se debe comprobar que apruebe los ensayos requeridos en las normas. Por último, se deben buscar las fallas en el tubo, y la manera de su reparación, debido a que en el proceso de instalación no se pueden usar tubos defectuosos.

### 7.9.1.2 Cargue y descargue

El movimiento de las tuberías debe ser realizado por equipos aptos para tal fin, como montacargas, retroexcavadoras o grúas. En el caso de los dos primeros equipos, se debe comprobar que cuenten con la capacidad de carga necesaria para cargar el peso del tubo o los tubos que llevaran a la vez, como se ve en la imagen X. Las uñas del equipo deben ser adecuadas para no repercutir en daños a la tubería (Revinca, 2011).



Imagen N°16: Montacarga (Revinca, 2011)

Dichas uñas deben estar abiertas al máximo y lo más cerca de la carga al recoger la tubería, para evitar inestabilidad en la máquina que pueda terminar en daños de la tubería, del equipo e incluso heridas al personal.

Para la descarga del equipo, se deben usar cintas de nylon anchas para asegurar la carga. Otros materiales podrían representar fisuras o daños superficiales en la tubería. En este momento, el operador debe ser cuidadoso, de modo que el tubo no presente gran cantidad de giros ni golpes.

### 7.9.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento de las tuberías y sus accesorios esta dictado por los fabricantes ya que cada uno tiene sus propias consideraciones. Algunas son generales, como el apilamiento de tubos en camas de modo que no se crucen unos con otros. Este arreglo debe ser bloqueado en los extremos, de modo que no se presenten rodamientos laterales. Otra consideración importante, es que el sitio de almacenamiento debe ser lo suficientemente grande para permitir que la máquina transportadora maniobre dentro de este sin mayores obstáculos. Por último se tienen procedimientos propios de cada empresa, como la cantidad de tubos que pueden ser apilados en camas, el tiempo de almacenamiento, la temperatura, entre otros (Revinca, 2011).



Imagen N°17: Cama de tubos (Mega Storage Systems, 2014).

Por otro lado, los accesorios de tuberías tienen sus propias consideraciones de almacenamiento. Aunque solo se utilice un almacén en la obra, los accesorios deben estar en condiciones de temperatura y humedad específica, de modo que no presenten deterioros que repercutan en perjuicios para la tubería una vez sea instalada (Revinca, 2011).

### 7.9.2 Excavación

El interventor debe verificar que el trazado de instalación sea el correcto. Esto se hace mediante el uso de un teodolito, con el cual se comprueban los alineamientos. Para esta tecnología, la verificación de dicho trazado es muy importante, ya que, debido a su simplicidad, no se permite la corrección del direccionamiento, y por el contrario, una vez el tubo penetra el suelo en su totalidad, no es posible realizar correcciones. Sin embargo, si el topo cuenta con un accesorio especial, se permite la extracción del mismo para realizar los ajustes necesarios.

Los asentamientos para el topo de percusión, aunque deben ser vigilados, no representan un gran problema debido a que el suelo, en el trazado de la tubería, no es excavado, mas es desplazado. Del mismo modo, el pozo de excavación, debido a su pequeño tamaño, no tiene la necesidad de resistir grandes esfuerzos.

Por otro lado, es muy importante verificar la profundidad de la excavación ya que de no ser suficiente se pueden presentar resaltos sobre la vía, y en caso de superior a lo permitido, se pueden generar daños en la tubería debido a la presión del mismo suelo. El rango adecuado de instalación de tuberías con el topo de percusión es de mínimo diez veces el diámetro de la tubería y máximo 3 metros de profundidad.

### 7.9.3 Instalación de la tubería

El interventor debe verificar que la instalación de la tubería sea realizada según un método constructivo adecuado. Primero se debe realizar el lineamiento explicado anteriormente para poder proseguir con la colocación e instalación del martillo, el cual llevará tras de sí la tubería a instalar. Debido a su bajo diámetro, estas tuberías tienden a ser un poco flexibles, por lo que es posible trabajar con tramos más largos, ubicando una parte de la tubería dentro del pozo y la otra, un poco

flexionada por fuera del mismo. Sin embargo, es deber del interventor verificar que dicha curvatura no sea lo suficientemente grande para ocasionar daños irreversibles en la tubería.

Por otro lado, la interventoría debe corroborar que las velocidades de instalación no superen las permitidas. En muchas ocasiones los contratistas, por afán de terminar de manera rápida el contrato, ponen las máquinas a trabajar a toda marcha, sin embargo, cuando el topo de percusión trabaja a velocidades muy grandes, tiende a generar desviaciones superiores a lo permitido.

Para finalizar, el interventor debe exigir al contratista la adecuada lubricación del equipo para que este trabaje de manera adecuada, disminuyendo los impactos ambientales y permitiendo una instalación de la tubería más precisa.

Para verificar que todas las tareas realizadas garanticen la correcta aplicación del equipo del topo de percusión, el interventor puede dirigirse al Anexo 5: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Impact Moling.

## **7.10 Seguridad industrial**

Para poder cumplir con una obra libre de accidentes, el interventor debe comprobar que ciertos aspectos sean cumplidos por todas las personas involucradas en el proceso de construcción, tales como: Uso adecuado y en todo momento de botas, cascos, gafas y tapa oídos. Otros trabajos específicos, pueden requerir el uso de guantes o tapabocas.

De igual modo, se debe verificar en todo momento el comportamiento de los trabajadores alrededor de la maquinaria, para evitar accidentes a causa de descuidos. La máquina del topo de percusión puede llegar a trabajar con fuerzas muy potentes, que en caso de entrar en contacto con una persona, puede llegar a causar un grave accidente para su integridad física. Por lo tanto, es importante delimitar una distancia prudente entre la zona de circulación y la máquina. Del

mismo modo, es necesario estipular controles que regulen el contacto físico entre los involucrados en la obra y los desperdicios producidos por la máquina, ya que en muchos casos pueden llegar a ser tóxicos.

A continuación se enlistan las obligaciones que se deben tener en cuenta para cumplir con los requisitos de seguridad industrial:

- Siendo este uno de los temas más importantes en la obra debido a que se trata de la salud y el bienestar de los empleados, la ley ampara a los trabajadores, y es deber de la interventoría comprobar que dichas leyes se cumplan a cabalidad, como la resolución 2413 de 1979, en la cual se establece las medidas de seguridad para la construcción.
- Para empezar, el contratista debe tener una persona encargada de supervisión interna del tema de seguridad industrial y salud ocupacional para verificar el correcto cumplimiento de las políticas nacionales, como el Decreto 614 de 1984 del Ministerio de Trabajo, el cual vela por la salud de los trabajadores, en cuanto a riesgos laborales y enfermedades. Es deber de la misma persona, y sujeto a verificación de parte del interventor, comprobar que todas las personas relacionadas con la obra, de manera directa o indirecta, cuenten con ARL (Aseguradora Riesgos Laborales), como lo dice la ley 100 de 1993, el Decreto 806 de 1998 y la regulación 1016 de 1998, con el fin que estén protegidos contra cualquier accidente laboral o enfermedad.
- De manera mensual, el interventor debe solicitar al contratista los pagos de EPS y ARL de todos los empleados a las debidas compañías prestadoras del servicio. El interventor debe estar al tanto de todos los cambios que se realicen.
- En caso que lo anterior no se cumpla, y los empleados queden desafiliados de las empresas prestadoras de servicio de salud, el interventor debe detener la realización de cualquier tipo de actividad en la obra.
- Por otra parte, la interventoría debe verificar que el contratista realice una lista de actividades peligrosas en la obra, como las mencionadas al principio de este subcapítulo, y factores de riesgo, de acuerdo con el

proceso constructivo elegido. En base a esto, se deben tomar medidas que mitiguen los peligros para los trabajadores directos de la obra.

- El interventor debe comprobar que se realicen las charlas de capacitación necesarias por parte del contratista, de modo que se les brinde información a todos los trabajadores acerca de los peligros de la labor y como evitarlos.
- En caso que una persona en específico presente una disminución en su producción, la interventoría debe realizar un seguimiento de las acciones del contratista.
- Mensualmente se realizarán reuniones entre el contratista y el interventor, de modo que la interventoría presente un informe del análisis realizado en cuanto a la seguridad de la obra del pasado mes. Luego de esto, el contratista debe realizar las correcciones de los errores o acatar las solicitudes del interventor.
- En caso que ocurran situaciones que pongan en peligro a los trabajadores, el interventor debe informar de manera inmediata al contratista para que tome las medidas necesarias.

Para apoyo del interventor se puede dirigir al formato en el Anexo 8: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Impact Moling.

## **7.11 Manejo de impacto ambiental**

Todas las tareas realizadas directa o indirectamente en la obra son responsabilidad del contratista, al igual que el impacto ambiental generado, ya sea directamente por él o por un subcontratista. Y es deber de la interventoría vigilar que todas las normas se cumplan, de modo que el perjuicio generado al medio ambiente sea mínimo.

Por eso, en este capítulo se explican los lineamientos a seguir en el manejo del impacto ambiental con el fin de garantizar una obra libre contaminación, donde las emisiones se vean minimizadas y la comunidad tenga la menor afectación posible. Se presentan a continuación las tareas que puedan presentar riesgos y la adecuada forma de mitigar los mismos.

### **7.11.1 Maquinaria y equipos**

Debido a la simplicidad de la tecnología del topo de percusión, solo es necesaria la utilización de la máquina del martillo de percusión y un compresor de aire. Aunque dichos equipos sean pequeños y la contaminación generada es relativamente pequeña, igualmente se les debe realizar seguimiento para garantizar una obra ambientalmente amigable.

#### **7.11.1.1 Transporte**

Para la instalación de tuberías con la tecnología sin zanja del topo de percusión, no es necesario el uso de maquinaria pesada. Sin embargo, el transporte de los equipos desde su almacenamiento hasta el sitio de la obra debe ser controlado por la interventoría.

Aunque el topo de percusión es un equipo pequeño que puede ser transportado en un vehículo particular, el compresor de aire, que es un poco más grande, debe ser movilizado en un vehículo especial, como un camión, o una camioneta con platón.

### 7.11.1.2 Emisiones

El equipo del topo de percusión funciona simplemente a través del compresor de aire, pero este último sí funciona por medio de combustibles fósiles, es decir, dependiendo del equipo puede funcionar con gasolina o diésel. Dichos equipos pueden ser generadores de emisiones de partículas, gases y contaminación auditiva.

Para velar por la menor afectación al medio ambiente, el interventor debe verificar el estado del compresor de aire antes de ingresar a la obra. Por lo que es recomendable que se utilice un equipo de modelo reciente, es decir, que no sea muy viejo o se encuentre en mal estado. Esto con el fin de garantizar la menor emisión de contaminación al medio ambiente.

#### 7.11.1.2.1 Emisiones de ruido

Es deber de la interventoría controlar las emisiones de ruidos causadas por el método constructivo utilizado. Principalmente a causa del compresor de aire, el cual al funcionar con combustibles fósiles, presenta altos niveles de emisión de ruido, especialmente si funciona con combustible diésel. De igual modo, se debe verificar que el ruido generado por los golpes del martillo sobre el suelo no supere los límites permisibles, previamente establecidos según la ciudad y el barrio de ubicación de la obra.

#### 7.11.1.2.2 Emisiones de gases y partículas

La utilización de todo tipo de vehículos que utilicen combustibles a gasolina o diésel genera unas emisiones al ambiente. Debido a lo anterior, el interventor debe supervisar que los gases generados por la maquinaria o las partículas arrojadas al medio ambiente no superen los límites permisibles, puesto que puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores en la obra y de los vecinos a la construcción.

Para velar por el bienestar de los ciudadanos la alcaldía de Bogotá, por medio de la resolución 005 de 1996, regula las emisiones contaminantes producida por fuentes móviles a gasolina o diésel, tal como el compresor de aire. Ahí, el interventor puede encontrar los procedimientos de medición junto con los límites permisibles, Tablas de tolerancias de partículas por millón, gases, ruidos, entre otros.

### **7.11.1.3 Desperdicios**

En caso que alguna de las máquinas actuantes en la obra presente un derrame de material sobre el espacio público, fuera del cerramiento de la obra, el interventor debe verificar que dicho desperdicio sea recogido de forma inmediata por el operario, por ende debe tener los elementos necesarios para hacerlo. Del mismo modo se debe también limpiar el equipo para que al momento de su salida, no contamine la carretera por la cual va a transitar.

### **7.11.2 Manejo de desechos**

Para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la obra misma el interventor debe controlar el manejo de los desperdicios generados a lo largo toda la construcción. Los desechos deben ser manejados de manera adecuada en cada una de sus etapas:

- Generación.
- Almacenamiento.
- Disposición.

Estos ítems son explicados a continuación.

### **7.11.2.1 Generación**

La tecnología del topo de percusión, es un método de instalación de tuberías, que no genera un mayor grado de desperdicio ya que el suelo por el cual se instala la tubería se desplaza dentro del mismo terreno. Sin embargo, se debe tener en cuenta la demolición de la estructura superficial en la construcción de cada uno de los pozos, los cuales pueden ser repetidos debido al corto alcance de instalación de la tecnología.

Para esto se deben tratar de mitigar los impactos ambientales al máximo. Primero, se deben usar métodos de demolición que produzcan la menor cantidad de polvo posible. Segundo, los elementos de concreto o asfalto no deben ser fragmentados en grandes cantidades, de modo que no se genere una contaminación sonora muy alta. Y por último, se debe evitar en la medida de lo posible realizar voladuras, que finalmente contaminan más el medio ambiente.

### **7.11.2.2 Almacenamiento**

Una vez generados los escombros, el interventor debe verificar que el material se encuentre en las condiciones adecuadas, previas a la posterior disposición del material. La interventoría cuenta con la resolución 541 de 1994 para verificar todos los procesos del manejo de escombros o residuos generados por la construcción. Los cuales deben ser almacenados en un lugar donde se disminuya la emisión de partículas por millón hacia el aire. De igual modo el interventor debe revisar que los escombros sean debidamente humedecidos, con el fin de minimizar la expulsión de polvo de los mismos.

El interventor debe estar siempre atento a que los desperdicios nunca sean dispuestos fuera del cerramiento de la obra.

### **7.11.2.3 Disposición**

El interventor está encargado de verificar y aprobar la disposición de todos los desperdicios generados. Desde su transporte, el cual debe ser controlado detalladamente, en cuanto a tipo, capacidad y estado del vehículo; hasta su disposición final, la cual debe ser realizada en un botadero certificado, con todos los permisos pertinentes.

### **7.11.3 Residuos líquidos**

Los residuos líquidos causados por la tecnología del topo de percusión pueden ser combustibles o aguas superficiales. Los residuos de combustible podrían ser generados por el compresor de aire, que es la única máquina que funciona con gasolina o diésel.

#### **7.11.3.1 Combustibles**

Debido a que el compresor de aire es un equipo relativamente pequeño, no es necesario el abastecimiento de combustible mediante camiones ya que puede ser realizado por un trabajador. Sin embargo, el interventor debe controlar de forma detallada el proceso de modo que no se presenten accidentes.

En caso de presentarse derrames, el interventor debe comprobar que el contratista realice la limpieza de forma inmediata. De igual modo se deben limpiar los alrededores con elementos que no produzcan mayores complicaciones. Inmediatamente el interventor debe suspender todas las actividades que se estén realizando en ese momento y no podrán ser reanudadas hasta que el sitio sea completamente seguro nuevamente.

#### 7.11.4 Horarios

El interventor debe supervisar que los trabajos realizados en la obra sean llevados a cabo en los horarios permitidos por la entidad pertinente, según la ciudad y la ubicación de la obra. Debido a que esta tecnología es usada principalmente para la conexión de viviendas particulares a servicios públicos, se deben respetar los horarios, de modo que no se produzca una mayor afectación a los vecinos. Es decir, que el interventor debe controlar que las obras que emitan contaminación sonora solo se realicen en los horarios permitidos.

#### 7.11.5 Limpieza de la obra

Aunque es elección del contratista la limpieza de su sitio de operación, el interventor debe supervisar dos cosas. Primero, que los sitios circundantes a la obra se encuentren debidamente aseados. Segundo, que los niveles de limpieza sean los suficientes para no producir contaminación o afectaciones a los vecinos, por malos olores, afectaciones paisajísticas, entre otros.

El interventor debe comprobar que existan diferentes cuadrillas de limpieza. Una por cada frente de trabajo, y una más limpiando siempre las vías aledañas a la obra. La limpieza general se debe realizar al menos una vez al día, cuando acabe la jornada, sin embargo el interventor está encargado de verificar que en ningún momento se encuentre material peligroso para los trabajadores en el sitio de la obra. Por otra parte, la interventoría debe revisar que los señalamientos exteriores de la obra se encuentren siempre en buen estado, de modo que sea visible para los pasajeros de la zona.

### 7.11.6 Reforestación

El interventor está encargado de verificar que se cumplan las leyes que protegen el paisaje, el medio ambiente y las zonas forestales. Para esto, cuenta con leyes como el Decreto 1715 de 1974, en el cual el Estado vela por los intereses paisajísticos de la comunidad. Por ende, la interventoría debe realizar un inventario de los árboles o la vegetación a remover, para luego poder realizar el trasplante de los árboles que sea posible, o la siembra equivalente según el tipo de árbol removido.

## 7.12 Conexión e inspección del trabajo realizado

Desde que la interventoría es la encargada de velar por los intereses del contratante, esta es la encargada de inspeccionar la tubería instalada, con el fin de detectar defectos en la misma, como:

- Tubos en mal estado.
- Malos empalmes.
- Filtraciones.
- Fisuras.
- Deflexiones.
- Humedad en las juntas.

### 7.12.1 Inspección

La inspección de estas tuberías se realizará al final de cada tramo, es decir, una vez la tubería instalada desde el pozo de lanzamiento ha alcanzado el pozo de recepción, con sus debidos empalmes.

Debido a que esta tecnología solo permite la instalación de tuberías con diámetros pequeños, el interventor no pueda acceder a la tubería, por ende, la revisión se realizará mediante equipos especiales, provistos con cámaras de video en alta

definición, que permitan detectar imperfecciones en la tubería o en el método constructivo.

Una vez se han identificado los problemas dentro de la tubería por parte del interventor, se debe remitir dicho informe al contratista, para que este plantee las medidas correctivas a tomar, con el fin de garantizar las condiciones contractuales pactadas y el posterior recibimiento a satisfacción por parte del contratante.

### **7.12.2 Pruebas**

El interventor debe solicitar la realización de dos pruebas sobre la tubería para verificar que esta es apta para el transporte de agua, gas o cualquier otro material que se vaya a transportar.

### **7.12.3 Conexión**

El interventor debe garantizar que se realicen ciertas actividades para que la tubería instalada se conecte de manera correcta con el sistema existente, para esto es necesario que ocurra lo descrito en la Imagen N°19; además la interventoría debe asegurarse que tanto tuberías como accesorios cumplan con lo estipulado en el numeral 7.4.

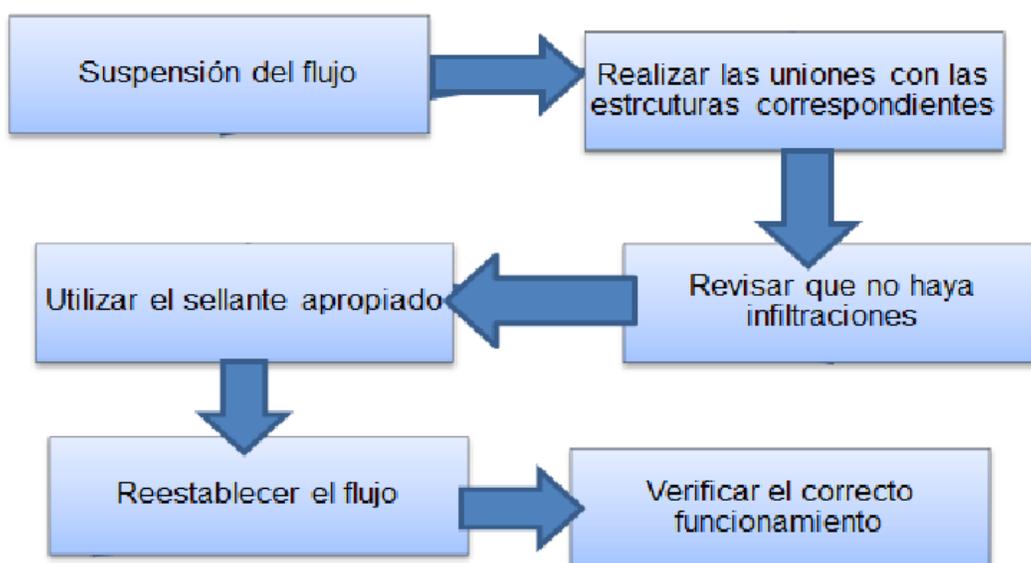


Imagen N°19: Diagrama de flujo proceso de conexión (Mahecha, 2013; Swarup, Niranjana, 2012)

### 7.13 Criterios de aceptación

ITEM	Especificación	Norma
<b>Materiales</b>		
<b>Agua</b>	Se debe comprobar que el agua utilizada para la obra sea potable	NTC 3459
<b>Agregado Fino</b>	El rango del módulo de finura de los agregados será de 2.6-3.5; la gravedad específica mínima será de 2.6.	ASTM C 40
<b>Agregado Fino</b>	Los agregados que pasen por el tamiz #200 no serán mayores al 3% del peso.	ASTM C117
<b>Agregado Grueso</b>	La gravedad específica no será menor a 2.6	ASTM C127

<b>Cemento</b>	El cemento solvente utilizado en tubos plásticos debe cumplir con las regulaciones de la normatividad Colombiana.	NTC 576
<b>Concreto</b>	En caso que se utilice concreto premezclado, este debe ser adquirido en una empresa responsable que cumpla con las condiciones de la norma.	ASTM C94
<b>Concreto</b>	El fabricante debe ser capaz de ofrecer tubos con resistencias iguales o superiores a 40 Mpa.	N/A.
<b>Tuberías</b>		
<b>Tuberías de concreto</b>	Los tubos de concreto sin refuerzo deben soportar los ensayos de aplastamiento, absorción, permeabilidad y presión hidrostática, como lo requiere esta norma	NTC 1022
<b>Tuberías de concreto</b>	Las tuberías de concreto deben ser fabricadas siguiendo los lineamientos de esta norma	BS 1916
<b>Tuberías de concreto</b>	Las tuberías de concreto prefabricadas deben cumplir con las características y el proceso de fabricación especificado en la norma.	BS 5911.
<b>Tuberías de concreto</b>	Para la aceptación de los tubos de concreto por parte del contratista, estos deben cumplir con los requerimientos de esta norma. Tales como ensayos de absorción, permeabilidad y resistencia de los tres apoyos, ya sea para producir una grieta de 0,3mm o hasta la rotura.	NTC 401
<b>Tubos PVC</b>	Los materiales de las tuberías de PVC deben cumplir con las especificaciones resaltadas en esta normatividad.	NTC 369

<b>Tubería PVC</b>	El manejo de las tuberías PVC debe ser en concordancia con los estándares nacionales e internacionales.	NTC 369; ASTM F 402
<b>Tubería PVC</b>	La tubería en PVC debe ser sometida al ensayo de resistencia a los impactos por medio de una baliza.	NTC 1125
<b>Tubería PVC</b>	Las tuberías de PVC con diámetro entre 0,1m y 0,375m deben seguir la norma	NTC 1748; ASTM D 3034
<b>Tubería de acero</b>	Todos los tubos deben estar identificados para conocer su procedencia. Su grosor será de acuerdo a la presión y nunca menor a 6mm	AWWA C-200
<b>Tubería de acero</b>	La resistencia mecánica de los tubos de acero debe cumplir con los requisitos especificados en estas normas	ASTM A 53; ASTM A 106; ASTM a 120
<b>Tubería Polietileno</b>	La presión de trabajo varía de 158Psi a 267 Psi según la RDE.	NTC 3664; ASTM D 3035
<b>Tuberías</b>	La pared de la tubería debe ser lo suficientemente grande para su diámetro. Se pueden encontrar los parámetros en estas normas	NTC 401; ASTM C 76
<b>Tuberías</b>	Todos los tubos deben resistir los ensayos requeridos en la norma Colombiana, como el de fisura y rotura.	NTC 401
<b>Accesorios.</b>		
<b>Juntas</b>	El empaque pre moldeado de las juntas que llevan las juntas de expansión deberá ser colocado 24 horas antes y en concordancia con el diámetro de la tubería.	ASTDM 1752
<b>Juntas</b>	Las juntas de las tuberías deben ser sometidas a prueba y obtener resultado aceptables según esta norma.	ASTM 1103

<b>Juntas</b>	Todas las juntas deberán ser probadas después de su instalación utilizando métodos de baja presión de aire de acuerdo con la norma.	ASTM C828
<b>Juntas</b>	Las juntas de empaque de caucho para tuberías de concreto no pueden sufrir elongaciones mayores al 30% de su circunferencia. De igual modo deben cumplir con los demás requisitos especificados en esta norma.	NTC 1328
<b>Juntas</b>	Las uniones de tuberías PVC deben cumplir con la temperatura, presión y demás características especificadas en esta norma.	NTC 5037
<b>Accesorios metálicos</b>	Los accesorios metálicos deben ser protegidos como se indica en el numeral 5 de esta norma para protegerlos de la corrosión.	NEGC 701-1
<b>Accesorios metálicos</b>	Todos los accesorios metálicos deben cumplir las características y dimensiones especificadas en la norma.	AWWA C-208
<b>Accesorios de polietileno</b>	Los accesorios de polietileno de alta densidad deben cumplir con las referidas normas según el tipo de unión.	NTC 3409; NTC 3410; NTC 4843
<b>Excavado</b>		
<b>Seguridad</b>	Se deben tener en cuenta los lineamientos de seguridad para el equipo del topo de percusión	BS 6912-6
<b>Estudios y muestreos</b>	Se deben seguir los lineamientos para estos equipos según lo especificado en la norma.	BS 5526
<b>Diámetro</b>	Para tubos menores a 60cm, el diámetro interno no debe superar una tolerancia de 1.5% de error.	NTC 401

<b>Espesor de pared de tubería</b>	El espesor de la pared de la tubería puede variar en un rango de 5mm o 5%, el número mayor, con respecto al calculado.	NTC 401
<b>Infiltraciones</b>	Luego de la prueba hidrostática, el tubo no puede presentar filtraciones de ningún tipo.	N/A.
<b>Infiltraciones</b>	La prueba hidrostática debe ser realizada acorde a la norma.	BS 5911.
<b>Asentamientos</b>	Los asentamientos máximos permisibles serán dados por el estudio de suelo.	N/A.
<b>Tolerancia</b>	La desviación de la pendiente para el topo de percusión no será mayor al 1%	N/A.

Tabla N°13: Criterios de aceptación Impact Moling.

## 7.14 Restitución del espacio

Una vez se ponga en funcionamiento la tubería instalada y se hayan acabado todas las tareas de instalación, el interventor debe verificar que sean realizadas una serie de actividades que garanticen la restitución del espacio donde se llevaron a cabo las diferentes tareas, es decir que las tareas de limpieza sean ejecutadas, dichas tareas son:

- Limpieza de desperdicios sobre la tubería.
- Retiro de maquinaria y equipos.
- Retiro de escombros y materiales.
- Remoción de estructuras temporales.
- Levantamiento de campamentos y almacenes.
- Relleno de pozos.
- Tratamiento del suelo.
- Siembra de árboles compensatoria (En caso que se remuevan arboles).
- Reconstrucción de estructuras superficiales (En caso que sea necesario demoler estructuras superficiales para la construcción de pozos).

- Retiro de elemento de cerramiento de la obra.
- Restitución de señalización vehicular.

## 8. Interventoría en Pipe Ramming

Este capítulo describe los aspectos específicos de la interventoría de la tecnología Pipe Ramming (Hincado de Camisas de Acero):

- Cuadro normativo.
- Plan de manejo de tránsito (PMT).
- Inspección de Infraestructura aledaña.
- Materiales.
- Disposición del sitio de obra.
- Pozos de acceso.
- Instalación y manejo de equipos.
- Manejo del flujo.
- Aplicación de la tecnología.
- Seguridad industrial.
- Manejo del impacto ambiental.
- Conexión e inspección del trabajo realizado.
- Criterios de aceptación.
- Restitución del espacio.

Tal y como se describió en la sección 5.3, esta tecnología es un técnica de instalación de tuberías nuevas, que se basa en el desplazamiento del suelo mediante un martillo, el cual va golpeando la tubería o camisa de sacrificio y va desplazando el suelo y situando el elemento.

## 8.1 Cuadro normativo

Las normas que regulan los aspectos técnicos para infraestructura subterránea son importantes herramientas que el interventor debe utilizar para que se logre un correcto desarrollo de la obra.

Debido a la novedad de las tecnologías sin zanja en Colombia, se dispone en el país de muy pocas normas, por lo cual se hace referencia principalmente a normas internacionales, siendo los principales entes normalizadores:

- Organización internacional de normalización (ISO).
- La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).
- Institución Británica de estándares (BI).
- Instituto Alemán de Normalización (DIN).
- Norma Técnica Colombiana (NTC).
- American Water Works Association (AWWA).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (CONVENIN).
- Asociación Alemana de Gas y Agua (DVGW GW).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

En la Tabla N°14 se observan las principales normas que se utilizan en la aplicación de Pipe Ramming.

Norma	Ensayo
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión
<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión

<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad
<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)
<b>AWWA C205</b>	Mortero de cemento
<b>AWWA C210</b>	Pintura epóxica
<b>AWWA C213</b>	Propiedades químicas
<b>INVIAS</b>	Plan de manejo de tránsito
<b>ASTM C76</b>	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain and Sewer Pipe
<b>ASTM C655</b>	Standard Specification for Reinforced Concrete D-Load Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe
<b>ASTM C443</b>	Standard Specification for Joints for Concrete Pipe and Manholes, Using Rubber Gaskets

<b>ASTM F477</b>	Standard Specification for Elastomeric Seals (Gaskets) for Joining Plastic Pipe
<b>ASTM D3212</b>	Standard Specification for Joints for Drain and Sewer Plastic Pipes Using Flexible Elastomeric Seals
<b>ASTM F2487</b>	Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Corrugated High Density Polyethylene and Polypropylene Pipelines
<b>STP 239</b>	Symposium on Application of Soil Testing in Highway Design and Construction
<b>ASTM C969</b>	Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Precast Concrete Pipe Sewer Lines
<b>ASTM F1417</b>	Standard Practice for Installation Acceptance of Plastic Non-pressure Sewer Lines Using Low-Pressure Air
<b>DIN 50929-3</b>	Corrosion of metals; probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside; buried and underwater pipelines and structural components
<b>DVGW GW 9</b>	Evaluation Of Soils In View Of Their Corrosion Behaviour Towards Buried Pipelines And Vessels Of Non-Alloyed Iron Material
<b>DIN 1201</b>	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced for drains and sewers - Type 1 and Type 2 - Requirements, test methods and evaluation of conformity
<b>DIN EN 1916</b>	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced
<b>ASTM F1533</b>	Standard specification for deformed polyethylene (PE) liner
<b>BS 5911 parte 120</b>	Concrete Pipes and Ancillary Concrete Products - Part 1: Specification for Unreinforced and Reinforced Concrete Pipes (Including Jacking Pipes) and Fittings with Flexible Joints
<b>NS-012</b>	Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado.
<b>NS-024</b>	Instalación de acometidas domiciliarias de acueducto diámetros 1/2" y 3/4"
<b>NS-026</b>	Desinfección de tuberías de acueducto
<b>NE-002</b>	Prueba hidráulica en tuberías de acueducto.

Tabla N°14: Cuadro normativa Pipe Ramming (Transcaribe, 2006).

## **8.2 Plan de manejo de tránsito (PMT)**

Previamente a dar inicio a la obra, el contratista debe elaborar un plan de manejo de tránsito, mediante el cual se presente una estrategia para aminorar los impactos en el tráfico producidos por la obra.

Un PMT debe incluir una señalización apropiada para la obra, vías alternas de descongestión y un banderero, en los casos en que esto sea necesario.

Una vez elaborado dicho plan, debe ser examinado por el interventor, su posterior aprobación y pueda ser entregado a la secretaria de movilidad. Esta es la entidad encargada de velar porque las estipulaciones pactadas se cumplan a cabalidad. De igual modo, la interventoría debe inspeccionar de manera continua el adecuado cumplimiento de las condiciones del PMT, para evitar sanciones por parte de las autoridades competentes.

## **8.3 Inspección de infraestructura existente aledaña**

El interventor debe realizar un inventario de las estructuras aledañas al sitio de afectación de la obra, donde documente de manera detallada el estado de las mismas, de modo que se puedan verificar afectaciones luego de la construcción. Dicha información deberá quedar consignada en la respectiva Acta de Vecindad.

## **8.4 Materiales**

Es responsabilidad de la interventoría comprobar que el contratista realice los ensayos que se han establecido en el contrato, sin importar su naturaleza; también se deben realizar los ensayos que el proveedor ha sugerido. Es importante que para todas las tuberías se hagan los ensayos: prueba de infiltración y estanqueidad descrita en la NEGC 801.

Se hace la rotulación de los tubos con el fin de poder llevar a cabo la trazabilidad de las tuberías durante su vida útil, esta rotulación se hace de la siguiente manera:

- Nombre del fabricante.
- Designación del material del tubo.
- Uso.
- Serie de las dimensiones.
- Dimensiones (Diámetro exterior nominal x espesor nominal de la pared).
- Tolerancia del diámetro exterior.
- Presión nominal.
- Serie del tubo.
- Número de la norma ICONTEC.
- Lote de producción

En la imagen N°18 se explica cómo hacer la rotulación del lote de producción.

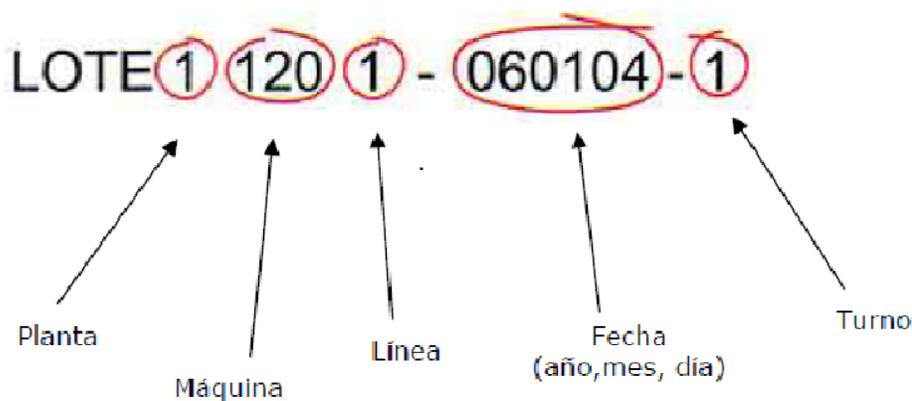


Imagen N°18: Ejemplo de rotulación en tuberías (Gerfor, 2007)

#### 8.4.1 Tuberías de polietileno

La interventoría debe inspeccionar las tuberías, esto lo puede hacer gracias a cámaras de video o con una simple revisión visual. Los ensayos de calidad que se deben hacer para este tipo de tuberías se encuentran descritos en la norma NTC

4585 y en la ISO 4427 (Gerfor, 2007). Los ensayos que se han de realizar se describen en la Tabla N°7.

Norma	Ensayo
<b>NTC 1602/ ASTM D2122</b>	Dimensiones y tolerancias
<b>NTC 664/ ASTM D4218</b>	Contenido de humo negro
<b>NTC 3257/ ASTM D1598-1599</b>	Presión de rotura
<b>NTC 1747/ AWWA C901</b>	Prueba de presión sostenida a elevada temperatura
<b>NTC 3578/ ASTM D1598</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>ASTM D2290</b>	Esfuerzo de anillos a tensión
<b>ASTM D2839-1505</b>	Densidad
<b>ASTM D1238</b>	Índice de fusión
<b>AWWA C906-90</b>	Prueba de flexión
<b>NTC 1602</b>	Agrietamiento ambiental

Tabla N°7: Ensayos para tubería en polietileno (Transcribe, 2006)

#### 8.4.2 Tubos de concreto

El interventor debe exigir que el contratista presente los sitios donde se obtuvieron los tubos y que los ensayos sugeridos por el fabricante se hayan realizado. Además debe verificar que los productos cumplan con los requerimientos técnicos establecidos en las normas NTC 401, NTC 1022, NTC 1328 y BS 5911.

#### 8.4.3 Tubos en PVC

En la tubería de PVC se deben cumplir ciertos requisitos generales, según la norma NTC 1087:

- Los tubos deben tener un corte perpendicular a su eje, sin importar que sean biselados.

- La superficie del tubo, tanto interna como externa debe ser lisa y tener uniformidad en el color. No debe tener ningún tipo de grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones.

Para este tipo de tuberías se deben realizar ensayos destructivos y no destructivos, los cuales se mencionan en la Tabla N°8, esta información es extraída de la norma NTC 1087.

Norma	Ensayo
<b>NTC 718</b>	Acondicionamiento
<b>NTC 3358/ ASTM D2122</b>	Determinación de las dimensiones
<b>NTC 3579</b>	Determinación de la presión de rotura
<b>NTC 1087</b>	Determinación aplastamiento transversal
<b>NTC 2983</b>	Calidad de extrusión
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la absorción de agua
<b>NTC 1125/ ASTM D2444</b>	Determinación de la resistencia al impacto
<b>NTC 1087</b>	Determinación de la resistencia química
<b>NTC 718/ ASTM D618</b>	Aislamiento eléctrico
<b>NTC 539/ NSF Standard 14</b>	Atoxicidad
<b>NSF Standard 14</b>	Olor y sabor
<b>NTC 3578</b>	Prueba de presión en tiempo corto
<b>NTC 3257/ ASTM D2837</b>	Prueba hidrostática

Tabla N° 8: Ensayos para tubería PVC (ICONTEC, 2011; Transcaribe, 2006)

#### 8.4.4 Tuberías de acero

Para las tuberías de acero, se debe realizar una inspección de la superficie, tanto interna como externa, y se recomienda llevar a cabo los ensayos de calidad de materiales descritos en la Tabla N°9.

Norma	Ensayo
<b>AWWA C200</b>	Prueba hidrostática de tubo recto
<b>ASTM A370</b>	Propiedades físicas
<b>ASTM A751</b>	Propiedades químicas
<b>CONVENIN 586-82</b>	Ensayo de doblado para tubos de

	acero de sección circular
<b>INEN 143</b>	Ensayo de tracción para tubos de acero
<b>ASTM A53/ ASTM A106/ ASTM A120</b>	Resistencia mecánica y composición química
<b>AWWA C208</b>	Accesorios
<b>AWWA C219/ AWWA C227-07</b>	Uniones (juntas)
<b>AWWA C207/ ANSI B16,5/ AISI 410/ ASTM A193/ ASTM A194</b>	Uniones (bridas)

Tabla N° 9: Especificaciones y ensayos en tuberías de acero (EPM, 2013; Transcaribe, 2006)

Adicionalmente estas tuberías deben cumplir con las especificaciones de recubrimiento que se pueden hacer en distintos materiales, estos requerimientos están establecidos en una norma determinada y las relaciones de estos se observan en la Tabla N°10.

<b>Norma</b>	<b>Material de recubrimiento</b>
AWWA C205	Mortero de cemento
AWWA C210	Pintura epóxica
AWWA C213	Propiedades químicas

Tabla N°10: Especificaciones en función del material de recubrimiento (EPM, 2013)

## 8.5 Disposición del sitio de obra

Una vez se dispongan todos los permisos necesarios para dar inicio a la construcción, se procede a la preparación del sitio de obra, es decir, realizar todas las adecuaciones necesarias al lugar en el cual se dará inicio a la excavación. Dichas tareas consisten en:

- Replanteo topográfico.
- Cerramiento del sitio de obra.
- Implementación del plan de manejo de tránsito.
- Demoliciones de infraestructura superficial (Solo en caso que sea necesario).
- Construcción de campamentos, tanto del contratista como de la interventoría.
- Disposición de almacenes temporales y baños.

- Conexión a servicios públicos.
- Remoción de elementos que interfieran el proceso constructivo.

Para corroborar que todas las tareas sean realizadas el interventor se puede remitir al Anexo 3: Lista de verificación de tareas para la disposición del sitio de obra realizada con Pipe Ramming.

## 8.6 Instalación y manejo de equipos

Los equipos utilizados para la instalación de la tubería son conocidos mundialmente como rammers, que son equipos que tienen básicamente un pistón, un perno de control y una carcasa, a la cual le va dando golpes de percusión para ir posicionando la tubería. El guiado se hace a través de unos rieles que se alinean con la máquina. Posteriormente se procede a hacer la limpieza de la tubería con un sistema a presión, ya sea de agua o de aire.

Para asegurar el buen manejo de los equipos y la seguridad de la obra, el interventor debe verificar que quienes estén manejando los equipos cuenten con la capacitación por parte del proveedor del equipo, también se recomienda que sean técnicos (Moreno, Juan Carlos, 2014) De la misma manera, el interventor tiene que asegurarse que los equipos estén recibiendo los insumos correspondientes (combustible, lubricación, potencia, entre otros).

Es deber del interventor, también verificar que las personas estén calificadas para transportar, almacenar y posicionar bien las tuberías; en la mayoría de ocasiones estas instrucciones son dadas por el fabricante de tuberías. Para verificar los requisitos del operario de máquina Pipe Ramming dirigirse al Anexo 12: Requisitos del operario de máquina del hincado de camisas de acero.

## 8.7 Pozos de acceso

Para el diseño del pozo de inserción se debe tener en cuenta las dimensiones del equipo (Tabla N°4) y de sus accesorios, las dimensiones de una tubería o carcasa, el espacio necesario para soldaduras, el equipo de lubricación y las provisiones de lubricante, un dispositivo de energía, el espacio destinado para los sólidos que sean removidos y el equipo para la limpieza de la tubería.

Se debe tener en cuenta que para poder posicionar la maquinaria, las tuberías y poder retirar los residuos de la obra, en algunas ocasiones será necesaria la ayuda de equipos tales como la torre grúa.

El interventor debe asegurar la estabilidad de los pozos, verificando que no cause ningún tipo de daño a estructuras aledañas y que no sea un riesgo para la obra en sí; esta es en criterio del interventor recomendar una estructura temporal (Sergio Mahecha, 2012).

## 8.8 Manejo del flujo

El interventor deberá garantizar que tanto los pozos, como los agujeros estén libres de todo tipo de aguas residuales para evitar desmejorar la calidad de los suelos y que esto perjudique la obra, o el rendimiento de la misma. Las obras de drenaje, se pueden hacer por inclinación, o en el peor de los casos se debe utilizar un sistema de bombeo en el caso de que el caudal de escorrentía lo amerite. Estas obras deben ser suministradas por el contratista y el interventor no debe autorizar la instalación de las tuberías hasta no verificar que las obras de drenaje se hayan hecho correctamente.

## 8.9 Aplicación de las tecnologías

Una vez se ha concluido con los pozos de acceso y se han instalado los equipos para ejecutar la obra, se empieza la instalación de la tubería, para lo cual es importante conocer los puntos clave para la inspección.

### 8.9.1 Tubería

La tubería a instalar mediante el uso del hincado de tuberías debe contar con unas características especiales, desde su proceso de fabricación hasta su materia prima, para poder cumplir con los estándares mínimos de calidad de la tecnología y de la tubería misma (Vargas, Alex and Beltrán, F, 2014). Para la verificación de esto el interventor debe definir, previo al inicio de la excavación, un procedimiento para la revisión de las tuberías a instalar, con su debido cronograma. La interventoría debe revisar cada uno de los pasos por los que atraviesa la tubería, desde la materia prima pasando por su producción, transporte, almacenamiento, métodos de carga y descarga hasta su preparación para instalación.

#### 8.9.1.1 Producción

Para poder garantizar una obra de calidad, la interventoría debe comprobar que todos los procesos sean realizados de manera efectiva contando con la calidad mínima exigida por las normas. Esto empieza desde la fabricación de las tuberías; cualquiera sea su material. Se deben verificar las materias primas y los procesos empleados en la fabricación de tuberías. Por ende, la interventoría debe designar a una persona o equipo que haga visitas periódicas a la fábrica que supe los tubos. En estas, dicha persona debe registrar y comparar todo lo observado con lo establecido por las normas, como la BS 1916, para el caso de tuberías de concreto. Se deben verificar: Primero, que los insumos sean materiales de calidad. Segundo, que los procesos de fabricación estén de acuerdo con la certificación de la empresa, tal como el ISO 9001. Una vez el tubo sea elaborado, se debe comprobar que apruebe los ensayos requeridos en las normas. Por último, se

deben buscar las fallas en el tubo, y la manera de su reparación, debido a que en el proceso de instalación no se pueden usar tubos defectuosos.

### 8.9.1.2 Cargue y descargue

El movimiento de las tuberías debe ser realizado por equipos aptos para tal fin, como montacargas, retroexcavadoras o grúas. En el caso de los dos primeros equipos, se debe comprobar que cuenten con la capacidad de carga necesaria para cargar el peso del tubo o los tubos que llevaran a la vez, como se ve en la Imagen N°16. Las uñas del equipo deben ser adecuadas para no repercutir en daños a la tubería (Revinca, 2011).



Imagen N°16: Montacargas para transporte de tuberías (Revinca, 2011).

Dichas uñas deben estar abiertas al máximo y lo más cerca de la carga al recoger la tubería, para evitar inestabilidad en la máquina que pueda terminar en daños de la tubería, del equipo e incluso heridas al personal (Revinca, 2011).

Para la descarga del equipo, se deben usar cintas de nylon anchas para asegurar la carga. Otros materiales podrían representar fisuras o daños superficiales en la tubería. En este momento, el operador debe ser cuidadoso, de modo que el tubo no presente gran cantidad de giros ni golpes (Revinca, 2011).

### 8.9.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento de las tuberías y sus accesorios esta dictado por los fabricantes ya que cada uno tiene sus propias consideraciones. Algunas son generales, como el apilamiento de tubos en camas de modo que no se crucen unos con otros. Este arreglo debe ser bloqueado en los extremos, de modo que no se presenten rodamientos laterales. Otra consideración importante, es que el sitio de almacenamiento debe ser lo suficientemente grande para permitir que la máquina transportadora maniobre dentro de este sin mayores obstáculos. Por último se tienen procedimientos propios de cada empresa, como la cantidad de tubos que pueden ser apilados en camas, el tiempo de almacenamiento, la temperatura, entre otros (Revinca, 2011).



Imagen N°17: Cama de tubos (Mega Storage Systems, 2014).

Por otro lado, los accesorios de tuberías tienen sus propias consideraciones de almacenamiento. Aunque solo se utilice un almacén en la obra, los accesorios

deben estar en condiciones de temperatura y humedad específica, de modo que no presenten deterioros que repercutan en perjuicios para la tubería una vez sea instalada (Revinca, 2011).

### **8.9.2 Excavación**

La interventoría debe asegurarse de que el trazado de la excavación sea el correcto. Para esto, es necesario el uso de un teodolito, operado por un topógrafo capacitado, que permita conocer la posición exacta de la tubería a medida que va siendo excavada subterráneamente.

Por otra parte el interventor también tiene entre sus tareas comprobar que el asentamiento no exceda al calculado, tanto en el pozo de lanzamiento como en el túnel de excavación. En el primero, el suelo recibe una gran cantidad de cargas provenientes de la máquina, los operarios, los tubos, entre otras. Por ende, se deben vigilar que los asentamientos estén en el rango admisible, según indique el estudio de suelos. Para esto, la interventoría debe instalar equipos en el pozo de lanzamiento y a lo largo de todo el trazado de la tubería para comprobar las deformaciones presentadas.

### **8.9.3 Instalación de la tubería**

Antes de proceder a instalar la tubería, el contratista debe utilizar el sistema de guiado de la máquina, en caso que lo posea, o verificar el trazado por medio de un teodolito para comprobar la dirección e inclinación de la excavación de la tubería. Es decir que la máquina con sistema de guiado, previo a la instalación, realiza una excavación de reconocimiento.

Una vez instalados los carriles guías, se procede a la instalación de la tubería, la cual se ubica en estos carriles para ser golpeada por el martillo neumático. Así, mientras la máquina golpea, va permitiendo el avance por el suelo, la tubería va

quedando instalada. Debido a la corta longitud de los tramos de tubería, la junta debe ser realizada cada vez que cierta distancia de la misma haya penetrado el suelo. Este proceso debe ser en concordancia con la norma pertinente, la cual se puede observar en el capítulo 8.12

Para verificar que todas las tareas realizadas garanticen la correcta aplicación del equipo del topo de percusión, el interventor puede dirigirse al Anexo 6: Lista de verificación de tareas de ejecución de obra realizada con Pipe Ramming.

## **8.10 Seguridad industrial**

Para poder cumplir con una obra libre de accidentes, el interventor debe comprobar que ciertos aspectos sean cumplidos por todas las personas involucradas en el proceso de construcción, tales como: Uso adecuado y en todo momento de botas, cascos, gafas y tapa oídos. Otros trabajos específicos, pueden requerir el uso de guantes o tapabocas.

De igual modo, se debe verificar en todo momento el comportamiento de los trabajadores alrededor de la maquinaria, para evitar accidentes a causa de descuidos. Los rammers utilizan fuerzas muy grandes, que en caso de entrar en contacto con una persona, puede llegar a causar un grave accidente para su integridad física; por lo tanto, es importante delimitar una distancia prudente entre la zona de circulación y la máquina. Del mismo modo, es necesario estipular controles que regulen el contacto físico entre los involucrados en la obra y los desperdicios producidos por la máquina, ya que en muchos casos pueden llegar a ser tóxicos.

Siendo este uno de los temas más importantes en la obra debido a que se trata de la salud y el bienestar de los empleados, la ley ampara mucho a los trabajadores, y es deber de la interventoría comprobar que dichas leyes se cumplan a cabalidad, como la resolución 2413 de 1979, en la cual se establece las medidas de seguridad para la construcción.

Para empezar, el contratista debe tener una persona encargada de supervisión interna de todo el tema de seguridad industrial y salud ocupacional, para verificar el correcto cumplimiento de las políticas nacionales, como el Decreto del ministerio de trabajo 614 de 1984, el cual vela por la salud de los trabajadores, en cuanto a riesgos laborales y enfermedades. Es deber de la misma persona, y sujeto a verificación de parte del interventor, comprobar que todas las personas relacionadas con la obra, de manera directa o indirecta, cuenten con ARL (Riesgos laborales), como lo dice la ley 100 de 1993, el Decreto 806 de 1998 y la regulación 1016 de 1998, con el fin que estén protegidos contra cualquier accidente laboral o enfermedad.

De manera mensual, el interventor debe solicitar al contratista los pagos de EPS y ARL de todos los empleados a las debidas compañías prestadoras del servicio, puesto que en el evento de que haya un accidente la obra esté en capacidad de responder; además de eso el interventor debe estar al tanto de todos los cambios que se realicen. En caso que lo anterior no se cumpla, y los empleados queden desafiliados de las empresas prestadoras de servicio de salud, el interventor debe detener la realización de cualquier tipo de actividad en la obra.

Por otra parte, la interventoría debe verificar que el contratista realice una lista de actividades peligrosas en la obra, como las mencionadas al principio de este subcapítulo, y factores de riesgo, de acuerdo con el proceso constructivo elegido. En base en esto, se deben tomar medidas que mitiguen los peligros para los trabajadores directos de la obra.

El interventor debe comprobar que se realicen los cursos de capacitación necesarias, de parte del contratista, de modo que se les brinde información a todos los trabajadores acerca de los peligros de la labor y como evitarlos.

Mensualmente se realizarán reuniones entre el contratista y el interventor, de modo que la interventoría presente un informe del análisis realizado en cuanto a la seguridad de la obra del pasado mes. Luego de esto, el contratista debe realizar las correcciones de los errores o acatar las solicitudes del interventor.

Para apoyo del interventor se puede dirigir al formato en el Anexo 9: Lista de verificación de tareas para mantener la seguridad de obras realizadas con Pipe Ramming.

## **8.11 Manejo del impacto ambiental**

Todas las tareas realizadas directa o indirectamente en la obra son responsabilidad del contratista, al igual que el impacto ambiental generado, ya sea directamente por él o por un subcontratista. Y es deber de la interventoría vigilar que todas las normas ambientales se cumplan, de modo que el perjuicio generado al medio ambiente sea mínimo.

Por eso, en este capítulo se explican los lineamientos a seguir en el manejo del impacto ambiental con el fin de garantizar una obra responsable con el medio ambiente, donde las emisiones se vean minimizadas y la comunidad tenga la menor afectación posible. Se presentan a continuación las tareas que puedan presentar riesgos y la adecuada forma de mitigar los mismos.

### **8.11.1 Maquinaria y equipos**

Para la realización de obras utilizando la tecnología Pipe Ramming se deben utilizar una serie de máquinas y equipos que funcionan con un dispositivo de energía que sus principales insumo son combustibles diésel o gasolina, los cuales pueden llegar a ser perjudiciales para el medio ambiente. Es necesario mitigar dichos problemas para garantizar una buena construcción de la obra.

#### **8.11.1.1 Transporte**

En la utilización de la tecnología Pipe Ramming se necesitan una serie de máquinas pesadas, como los rammers y la torre grúa. El transporte de estas,

desde su parqueadero hasta el sitio de la obra, debe realizarse de acuerdo a las normas de la ciudad para tal fin.

Las diferentes ciudades de Colombia cuentan con sus propias normas y restricciones en cuanto a transporte de vehículos pesados y horarios. Primero, el transporte de la maquinaria debe ser realizado en una cama baja, especialmente destinada para este uso. Segundo, dicho vehículo debe contar con las señalizaciones pertinentes que la interventoría considere adecuadas, tales como señales de carga larga, carga ancha, carga peligrosa, entre otras. Por último, se debe hacer un acompañamiento de parte de vehículos especiales o policías en los casos que se considere necesario, según las características del equipo transportado.

#### **8.11.1.2 Emisiones**

Todas la máquinas que funcionan a través de combustibles diésel y gasolina generan unas emisiones que son arrojadas al medio ambiente y son contaminantes, ya sean, partículas, gases o emisiones de ruido.

Para velar por la menor afectación al medio ambiente, el interventor debe verificar el estado de las máquinas antes de ingresar a la obra. Por lo que es recomendable, en la construcción de cualquier tipo de obra, la utilización de máquinas de modelos recientes. Sin embargo, para garantizar que el estado de los equipos sea apropiado para la utilización de la misma, la interventoría debe solicitar al contratista o al dueño de la máquina los siguientes documentos:

- Hoja de vida de la máquina.
- Certificado de emisión de gases del vehículo.
- Escape a más de tres metros (Vehículo diésel).
- Seguro obligatorio.

#### 8.11.1.2.1 Emisiones de ruido

El interventor está encargado de velar porque las máquinas utilizadas en la obra no generen una contaminación auditiva que superé los límites permisibles establecidos por el Estado. Por esto, el interventor debe recurrir a las leyes y regulaciones Colombianas para garantizar el cumplimiento de las mismas. Tal como la resolución 8321 de 1983, donde se regulan los límites por contaminación auditiva producida por maquinaria de construcción, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud de las personas vecinas a la obra, que se pueden ver afectadas por los excesos de ruido en horarios no permitidos.

#### 8.11.1.2.2 Emisiones de gases y partículas

La utilización de todo tipo de vehículos que utilicen combustibles a gasolina o diésel genera unas emisiones al ambiente, especialmente las máquinas de construcción. Debido a lo anterior, el interventor debe supervisar que los gases generados por la maquinaria o sus partículas arrojadas al medio ambiente no superen los límites permisibles, puesto que puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores en la obra y de los vecinos a la construcción.

Para velar por el bienestar de los ciudadanos la alcaldía de Bogotá, por medio de la resolución 005 de 1996, regula las emisiones contaminantes producida por fuentes móviles a gasolina o diésel, tal como la maquinaria pesada. Ahí, el interventor, puede encontrar los procedimientos de medición junto con los límites permisibles, en Tablas de tolerancias, de partículas por millón, gases, ruidos, entre otros.

#### **8.11.1.3 Desperdicios de material**

En caso que alguna de las máquinas actuantes en la obra presente un derrame de material sobre el espacio público, fuera del cerramiento de la obra, el interventor debe verificar que dicho desperdicio sea recogido de forma inmediata por el

operario, por ende debe tener los elementos necesarios para hacerlo. Del mismo modo se debe también limpiar el equipo para que al momento de su salida, no contamine la carretera por la cual va a transitar.

### **8.11.2 Manejo de residuos**

Para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la obra misma el interventor debe controlar el manejo de los desperdicios generados a lo largo toda la construcción. Los desechos deben ser manejados de manera adecuada en cada una de sus etapas, las cuales se explican a continuación:

#### **8.11.2.1 Generación**

En obras utilizando el rammer se genera una gran cantidad de escombros debido a la excavación de los pozos de lanzamiento y de recepción. Por un lado, la estructura superficial es removida con previa autorización del interventor, sin la cual no se puede adelantar ninguna tarea de demolición.

Para esto se deben tratar de mitigar los impactos ambientales al máximo. Primero, se deben usar métodos de demolición que produzcan la menor cantidad de polvo posible. Segundo, los elementos de concreto o asfalto no deben ser fragmentados en grandes cantidades, de modo que no se genere una contaminación sonora muy alta. Y por último, se debe evitar en la medida de lo posible realizar voladuras, que finalmente contaminan más el medio ambiente.

Por otro lado, se encuentran los escombros producido por la instalación del recorrido de la tubería. Para el caso del hincado de tuberías, la limpieza de la tubería se hace gracias a un compresor de aire o de agua que remueve los sólidos hacía el pozo de inserción.

### **8.11.2.2 Almacenamiento**

Una vez generados los escombros, el interventor debe verificar que el material se encuentre en las condiciones adecuadas, previas a la posterior disposición del material. La interventoría cuenta con la resolución 541 de 1994 para verificar todos los procesos del manejo de escombros o residuos generados por la construcción. Los cuales deben ser almacenados en un lugar donde se disminuya la emisión de partículas por millón hacia el aire. De igual modo el interventor debe revisar que los escombros sean debidamente humedecidos, con el fin de minimizar la expulsión de polvo de los mismos.

El interventor debe estar siempre atento a que los desperdicios nunca sean dispuestos fuera del cerramiento de la obra.

### **8.11.2.3 Disposición**

El interventor está encargado de verificar y aprobar la disposición de todos los desperdicios generados. Desde su transporte, el cual debe ser controlado detalladamente, en cuanto a tipo, capacidad y estado del vehículo; hasta su disposición final, la cual debe ser realizada en un botadero certificado, con todos los permisos pertinentes.

### **8.11.3 Residuos líquidos**

Los residuos líquidos causados por un rammer pueden ser agua o combustibles, es deber del interventor supervisar que dichos desperdicios sean adecuadamente tratados, de modo que se evite la contaminación del suelo y de la tubería que se está instalando.

### **8.11.3.1 Combustibles**

Al momento de llenar el tanque de combustible de la máquina, se debe seguir un procedimiento previamente determinado, ya que esta máquina no se puede desplazar por sí misma y el desperdicio de combustible puede causar problemas ambientales, como olores, derrames e incluso hasta incendios. En caso de presentarse derrames, el interventor debe comprobar que el contratista realice la limpieza de forma inmediata. Si el derrame es de gran magnitud, el suelo afectado deber ser transportado a un sitio especial para su debido tratamiento. De igual modo se deben limpiar los alrededores con elementos que no produzcan mayores complicaciones. Inmediatamente el interventor debe suspender todas las actividades que se estén realizando en ese momento y no podrán ser reanudadas hasta que el sitio sea completamente seguro nuevamente.

### **8.11.3.2 Líquidos**

El interventor debe solicitar la construcción de obras de drenaje que conduzcan los líquidos fuera del área de influencia. En este se pueden utilizar lodos poliméricos que permiten la sedimentación de las partículas en el líquido y se empiece una limpieza previa del agua o de cualquier líquido.

### **8.11.4 Horarios**

El interventor deberá verificar el cumplimiento de los horarios establecidos y aprobados por la autoridad competente para el desarrollo de las obras.

### **8.11.5 Limpieza de la obra**

Aunque es elección del contratista la limpieza de su sitio de operación, el interventor debe supervisar dos cosas. Primero, que los sitios circundantes a la

obra se encuentren debidamente aseados. Segundo, que los niveles de limpieza sean los suficientes para no producir contaminación o afectaciones a los vecinos, por malos olores, afectaciones paisajísticas, entre otros.

El interventor debe comprobar que existan diferentes cuadrillas de limpieza. Una por cada frente de trabajo, y una más limpiando siempre las vías aledañas a la obra. La limpieza general se debe realizar al menos una vez al día, cuando acabe la jornada, sin embargo el interventor está encargado de verificar que en ningún momento se encuentre material peligroso para los trabajadores en el sitio de la obra. Por otra parte, la interventoría debe revisar que los señalamientos exteriores de la obra se encuentren siempre en buen estado, de modo que sea visible para los pasajeros de la zona. .

#### **8.11.6 Reforestación**

El interventor está encargado de verificar que se cumplan las leyes que protegen el paisaje, el medio ambiente y las zonas forestales. Para esto, cuenta con leyes como el Decreto 1715 de 1974, en el cual el Estado vela por los intereses paisajísticos de la comunidad. Por ende, la interventoría debe realizar un inventario de los árboles o la vegetación a remover, para luego poder realizar el trasplante de los árboles que sea posible, o la siembra equivalente según el tipo de árbol removido.

#### **8.12 Conexiones e inspección del trabajo terminado**

Puesto que la interventoría es la encargada de velar por los intereses del contratante, esta es la encargada de inspeccionar la tubería instalada, con el fin de detectar defectos en la misma, como:

- Tubos en mal estado.
- Malos empates.
- Filtraciones.
- Fisuras.

- Deflexiones.
- Humedad en las juntas.

### **8.12.1 Inspección**

La inspección de estas tuberías se realizará al final de cada tramo, es decir, una vez la tubería instalada desde el pozo de lanzamiento ha alcanzado el pozo de recepción, con sus debidos empalmes.

Como la tecnología del hincado de tuberías permite realizar la instalación de tuberías con un gran rango de diámetros, se deben considerar dos opciones para su inspección. Primero, los casos en los que el diámetro sea suficientemente grande para que el interventor pueda entrar en la tubería. Segundo, cuando el diámetro de la tubería es relativamente pequeño, y se debe realizar la inspección por medio de cámaras de video o televisión.

#### **8.12.1.1 Diámetros grandes**

El interventor debe entrar en la tubería junto con un representante del contratista y caminar a través de esta en busca de desperfectos como los mencionados anteriormente. Todos los elementos que no se encuentren en un estado apto para el funcionamiento de la tubería, deben ser documentados por el interventor con fotos y videos, si es necesario.

#### **8.12.1.2 Diámetros pequeños**

En los casos que el interventor no pueda acceder personalmente en la tubería, la revisión se realizará mediante equipos especiales, provistos con cámaras de video en alta definición, que permitan detectar imperfecciones en la tubería o en el método constructivo.

Una vez se han identificado los problemas dentro de la tubería por parte del interventor, se debe remitir dicho informe al contratista, para que este plantee las medidas correctivas a tomar, con el fin de garantizar las condiciones contractuales pactadas y el posterior recibimiento a satisfacción por parte del contratante.

### **8.12.2 Pruebas**

El interventor debe solicitar la realización de dos pruebas sobre la tubería para verificar que esta es apta para el transporte de agua, gas o cualquier otro material que se vaya a transportar.

### **8.12.3 Conexiones**

El interventor debe garantizar que se realicen ciertas actividades para que la tubería instalada se conecte de manera correcta con el sistema existente, para esto es necesario que ocurra lo descrito en la Imagen N°19; además la interventoría debe asegurarse que tanto tuberías como accesorios cumplan con lo estipulado en el numeral 6.4.



Imagen N°19: Diagrama de flujo proceso de conexión (Mahecha, 2013; Swarup, Niranjana, 2012)

### 8.13 Criterios de aceptación

ITEM	Especificación	Norma
<b>Materiales</b>		
<b>Agua</b>	Se debe comprobar que el agua utilizada para la obra sea potable	NTC 3459
<b>Agregado Fino</b>	El rango del modulo de finura de los agregados será de 2.6-3.5; la gravedad especifica mínima será de 2.6.	ASTM C 40
<b>Agregado Fino</b>	Los agregados que pasen por el tamiz #200 no serán mayores al 3% del peso.	ASTM C117
<b>Agregado Grueso</b>	La gravedad especifica no será menor a 2.6	ASTM C127

<b>Cemento</b>	El cemento solvente utilizado en tubos plásticos debe cumplir con las regulaciones de la normatividad Colombiana.	NTC 576
<b>Concreto</b>	En caso que se utilice concreto premezclado, este debe ser adquirido en una empresa responsable que cumpla con las condiciones de la norma.	ASTM C94
<b>Concreto</b>	El fabricante debe ser capaz de ofrecer tubos con resistencias iguales o superiores a 40 Mpa.	N/A.
<b>Tuberías</b>		
<b>Tubería de acero</b>	Todos los tubos deben estar identificados para conocer su procedencia. Su grosor será de acuerdo a la presión y nunca menor a 6mm	AWWA C-200
<b>Tubería de acero</b>	La resistencia mecánica de los tubos de acero debe cumplir con los requisitos especificados en estas normas	ASTM A 53; ASTM A 106; ASTM a 120
<b>Tuberías</b>	La pared de la tubería debe ser lo suficientemente grande para su diámetro. Se pueden encontrar los parámetros en estas normas	NTC 401; ASTM C 76
<b>Tuberías</b>	Todos los tubos deben resistir los ensayos requeridos en la norma Colombiana, como el de fisura y rotura.	NTC 401
<b>Accesorios.</b>		
<b>Juntas</b>	El empaque pre moldeado de las juntas que llevan las juntas de expansión deberá ser colocado 24 horas antes y en concordancia con el diámetro de la tubería.	ASTDM 1752
<b>Juntas</b>	Las juntas de las tuberías deben ser sometidas a prueba y obtener resultado aceptables según esta norma.	ASTM 1103

<b>Juntas</b>	Todas las juntas deberán ser probadas después de su instalación utilizando métodos de baja presión de aire de acuerdo con la norma.	ASTM C828
<b>Accesorios metálicos</b>	Los accesorios metálicos deben ser protegidos como se indica en el numeral 5 de esta norma para protegerlos de la corrosión	NEGC 701-1
<b>Accesorios metálicos</b>	Todos los accesorios metálicos deben cumplir las características y dimensiones especificadas en la Norma	AWWA C-208
<b>Excavado</b>		
<b>Seguridad</b>	Se deben tener en cuenta los lineamientos de seguridad para la máquina de hincado de camisas de acero.	BS 6912-6
<b>Diámetro</b>	Para tubos menores a 60cm, el diámetro interno no debe superar una tolerancia de 1.5% de error.	NTC 401
<b>Espesor de pared de tubería</b>	El espesor de la pared de la tubería puede variar en un rango de 5mm o 5%, el número mayor, con respecto al calculado.	NTC 401
<b>Infiltraciones</b>	Luego de la prueba hidrostática, el tubo no puede presentar filtraciones de ningún tipo.	N/A.
<b>Infiltraciones</b>	La prueba hidrostática debe ser realizada acorde a la norma.	BS 5911.
<b>Asentamientos</b>	Los asentamientos máximos permisibles serán dados por el estudio de suelo.	N/A.

#### 8.14 Restitución del espacio y limpieza tubería

Una vez se ponga en funcionamiento la tubería instalada y se hayan acabado todas las tareas de instalación, el interventor debe verificar que sean realizadas

una serie de actividades que garanticen la restitución del espacio donde se llevaron a cabo las diferentes tareas, es decir que el lugar de ejecución de la obra quede en iguales o mejores condiciones que al inicio de la obra, dichas tareas son:

- Limpieza de desperdicios sobre la tubería.
- Retiro de maquinaria y equipos.
- Retiro de escombros y materiales.
- Remoción de estructuras temporales.
- Levantamiento de campamentos y almacenes.
- Relleno de pozos.
- Tratamiento del suelo.
- Siembra de arboles compensatoria (En caso que se remuevan arboles).
- Reconstrucción de estructuras superficiales (En caso que sea necesario demoler estructuras superficiales para la construcción de pozos).
- Retiro de elemento de cerramiento de la obra.
- Restitución de señalización vehicular.

## **9. Casos de estudio de tecnologías sin zanja**

Como una manera de ver la aplicación práctica de las tecnologías estudiadas, a continuación se explica un caso de estudio por cada una de ellas, en el que se describe como se ejecutó la obra, qué problemas hubo y cómo se procedió a resolverlos.

### **9.1 Caso Auger boring: Desafíos en las Islas Vírgenes (Veidmark, Arvid, 2009)**

Las Islas Vírgenes (EEUU) son conocidas por la cantidad de refinerías de petróleo que se ubican en esta zona; en 1966 se planteó una ampliación en la planta de refinería que se llevó a cabo entre 1966 hasta 1974, haciendo de esta refinería la más grande del mundo en ese momento.

Para hacer esta ampliación, se necesitaron aproximadamente 200 acres donde se construyó una vía de servicio, con líneas de energía, agua y contra-incendios, también se construyeron cuatro grandes líneas de conexión entre la refinería y los tanques adyacentes.

Pero años después debido a los huracanes ocurridos en el Caribe, fue necesario cerrar dos líneas de conexión, causando de esta manera pérdidas aproximadas de \$800.000 dólares por día, lo cual evidenció la necesidad de reparar estos daños.

Cuando se quiso llevar a cabo la reconstrucción, fue notorio que no existían los documentos necesarios ni los registros de lo que había en el sub-suelo; se conocían las líneas existentes y los diámetros de estas tuberías, pero no se conocía con exactitud su localización ni su profundidad exacta. Se realizó un estudio geotécnico que arrojó como resultados que el suelo era coral y arcilla a la profundidad de 15 pies, pero más allá de esta profundidad se desconocían las condiciones del suelo.

Se realizó un análisis de las posibles tecnologías que se podían utilizar, sus ventajas y desventajas, las cuales se muestran en la Tabla N°16:

<b>Tecnología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
HDD	Ninguna	Ninguna
Auger Boring	Velocidad	Acumulación de carcasas
Pipe Ramming	Menor cantidad de huecos	Dos pasos para instalar, vibraciones y contaminación auditiva

Tabla N°16: Análisis de ventajas y desventajas Caso Auger Boring: Refinería de petróleo en islas Vírgenes (Veidmark, Arvid, 2009)

Se escogió la tecnología Auger boring, debido a que en esta obra era crucial la velocidad de ejecución, también buscando minimizar costos y riesgos. Con este método se pretendía instalar cuatro tuberías de acero, dos de 30 pulgadas y dos de 48 pulgadas.

La construcción empezó los primeros días de octubre de 2007, y en el momento de iniciar la instalación de las tuberías de 48 pulgadas, los túneles para iniciar esta instalación fallaron debido a condiciones climáticas extremas, haciendo que el material empezara a ceder más fácilmente y no se pudieran estabilizar dichos túneles.

Se decidió empezar a hacer el túnel un pie (30,48 cm) debajo del primero, buscando condiciones más estables, pero a 60 pies de longitud de avance, el suelo empezó a ser lodoso, inconveniente que fue solucionado gracias a que se impulsó agua para limpiar el taladro, se avanzaron otros 40 pies hasta que el barreno se encontró con una capa de coral, volviendo el tornillo impráctico; por esto se terminó la instalación con un dispositivo de elevación por los siguientes 20 pies.

Las otras tres tuberías se instalaron con éxito, terminando ocho días antes de lo previsto, en el mes de octubre de ese año.

## **9.2 Caso Impact Moling: Fuga de agua en tubería doméstica, Inglaterra (Mosely, 2014)**

Este caso tuvo lugar en el oriente de Inglaterra, donde el sistema de acueducto y alcantarillado es gestionado por la empresa Anglian Water. Esta empresa le comunicó a un ciudadano que la tubería que conecta su casa con el sistema tenía una fuga, por lo tanto debería reemplazar la tubería y hacer una nueva conexión; la empresa sugirió varios contratistas autorizados para ejecutar este tipo de obras, que el ciudadano aceptó.

La obra fue ejecutada por la empresa Mosley y tuvo una duración de dos días; el primer día se utilizó el topo de percusión para la instalación de la nueva tubería, la cual debía colocarse a una profundidad de 5m para atravesar un suelo rocoso y un arroyo. Se cavaron pozos de inserción y recepción para la instalación de una tubería de polietileno de 25mm diámetro y 45m de longitud. Debido a la profundidad requerida de instalación se decidió utilizar una camisa de sacrificio de acero de 4 pulgadas de diámetro, la cual protegía la tubería de polietileno mediante el uso de un aislante, Armaflex. Luego de esta decisión se llevó a cabo el procedimiento sin problemas.

En el segundo día, la empresa Anglian Water realizó la conexión al sistema principal, y la empresa Mosley realizó la conexión con el punto principal de la casa.

### **9.3 Caso Pipe Ramming: Instalación de tuberías de acero mediante Pipe Ramming para atravesar la pista de aterrizaje y la calzada exclusiva de las taxis en el aeropuerto internacional Capodichino, Napoles (Chianese, 2007b)**

El caso toma lugar en el aeropuerto de Capodichino, Nápoles, Italia. Se necesitaba instalar dos tuberías DN400 para cubrir un tramo de 55m para mejorar el sistema de iluminación del aeropuerto; estas tuberías de acero debían atravesar la pista de aterrizaje y la calzada exclusiva de taxis. Era indispensable no interrumpir las actividades del aeropuerto, razón por la cual se evidenciaba la escogencia de una tecnología sin zanja para la instalación de estas tuberías. Con un mínimo de interferencias con las operaciones del sitio se realizó esta obra en tan solo 10 días.

Las tuberías se instalaron a una profundidad de 4,5m, por debajo de la pista y por encima del nivel freático del sitio; los suelos de esta zona se clasifican como arenas volcánicas y limos. Se utilizó un geo-radar TRAX PL-100 para detectar los defectos bajo la superficie en la zona de la instalación; afortunadamente para la obra no había objetos que pudieran obstruirla y se situaron los rieles para direccionar las tuberías gracias a una herramienta de guiado monitoreada en superficie.

Posteriormente se procedió a hacer el pozo de inserción, el cual necesitaba una base estabilizada de concreto para poder dar la inclinación necesaria y que coincidiera con el ángulo del túnel. La máquina que se utilizó para la instalación fue una Trakto-Technik Grundoram con una fuerza aproximada de 40000kN que se ubicó, junto a la primera carcasa de acero sobre los rieles que iban a dar el direccionamiento de la tubería; también se instaló una banda de 300mm para reducir la fricción.

La primera tubería fue instalada en tan solo dos días, mientras que la segunda tubería fue instalada en tres días a 1,5m de distancia de la primera, en los otros cinco días se limpió la tubería con un sistema de presión de agua, tomando las medidas de seguridad pertinentes para no causar daños.

El área de trabajo tenía aproximadamente 20m de largo para poder acomodar las carcasas y la máquina que iba a efectuar la instalación.

La gran ventaja de esta tecnología fue que se mantuvo la estabilidad en el terreno y no hubo daños en la pista o el carril de los taxis; otra ventaja que se tuvo fue que no se hizo necesaria la lubricación, debido al tipo de suelo que permitió alcanzar una velocidad de 6,1m/h aproximadamente sin necesidad de lubricación.

## 10. Conclusiones y recomendaciones

- A. Es importante realizar una interventoría adecuada a las obras de tecnología sin zanja, aplicando cada una de las funciones de un interventor técnico, debido a la alta complejidad de las mismas para garantizar que se cumplan todos los beneficios que ellas conllevan.
- B. La máquina del tornillo sin fin es una de las tecnologías sin zanja más usadas hoy en día en el país debido a que permite la instalación de tuberías de grandes diámetros a grandes longitudes. De igual modo, mediante el uso de diferentes accesorios permite penetrar la gran mayoría de los suelos que se presentan en Colombia.
- C. El equipo del topo de percusión es una de las alternativas más beneficiosas para la instalación de tuberías de conexión de los particulares a servicios públicos debido a que es un método práctico, rápido y económico.
- D. La tecnología de hincado de camisas de acero es de gran utilidad para la instalación de camisas de sacrificio que transporten tuberías de otros materiales dentro de sí permitiendo así, indirectamente, instalación de infraestructura subterránea de cualquier tipo.
- E. Es importante contar con un estudio geotécnico detallado, así como de todos los planos necesarios para la realización de la perforación.

- F. De modo que se aprovechen los beneficios ambientales que conllevan las tecnologías sin zanja es necesario realizar un adecuado seguimiento tanto a las tareas directas de la instalación como a las tareas indirectas.
- G. Siendo estas tecnologías el futuro de la instalación, rehabilitación y reemplazo de infraestructura subterránea es pertinente que empiecen a ser enseñadas en las distintas universidades del país para formar profesionales con conocimientos suficientes el uso adecuado de las mismas.
- H. En busca del mejoramiento continuo para la implementación de las tecnologías sin zanja se requiere una participación de la academia tanto en temas de estudio e investigación como en capacitación de personal en el uso de la maquinaria pertinente.
- I. Observando el caso de la refinería, en las Islas Vírgenes; se evidencian dificultades al no tener información suficiente sobre la infraestructura existente, por tal motivo se hace necesario la recopilación de toda la documentación existente antes de seleccionar una tecnología determinada para la ejecución de una obra. Es aconsejable la escogencia de determinada tecnología si se conocen a detalle las condiciones del espacio donde se va a ejecutar la obra.
- J. Para las obras en general, y especialmente para las obras que apliquen tecnologías sin zanja es importante protegerlas de las condiciones climáticas extremas, esto debido a que las fuertes lluvias pueden afectar las condiciones del suelo, por tanto se ve alterada la eficiencia de la máquina e incluso se puede llegar a parar la obra. Para evitar esto se recomiendan carpas que protejan contra la lluvia y buenas estructuras de drenaje.
- K. Cuando repentinamente, el taladro de la máquina del tornillo sin fin empiece a disminuir su velocidad de avance en la obra se recomienda limpiarlo, pues de esta forma se removerá el exceso de material y la construcción del hoyo seguirá sin inconvenientes.
- L. Del caso de aplicación de la tecnología del topo de percusión se puede resaltar que es posible la instalación de tuberías de gran variedad de materiales utilizando los distintos métodos constructivos de cada tecnología, como la utilización de camisas de sacrificio.
- M. Se recomienda la realización de una tercera parte del manual de interventoría para las tecnologías sin zanja que contemple otras tecnologías no tratadas en la primera y segunda fase ya realizadas.

## 11. Glosario

- Acta de reunión: Documento en el cual se consigna todo lo manifestado en una reunión, el cual debe ir firmado por todos los presentes.
- Acueducto: Instalación subterránea encargada del transporte de agua limpia en estado líquido.
- Aguas residuales: Se definen como las aguas que contienen residuos debido a se han utilizado de alguna forma. Se clasifican en: domésticas, industriales, institucionales y comerciales.
- Alcantarillado: Instalación subterránea encargada del transporte de aguas residuales en estado líquido.
- Armaflex: Material que se utiliza como aislamiento térmico flexible (Pipeco, 2014).
- Banderero: Es la persona que regula el tránsito cuando se ve afectado por la obra.
- Bentonita: Arcilla de grano muy fino que tiene a usarse como lubricante para algunas tecnologías sin zanja.
- Carcasas de acero: Se denominan al recubrimiento que llevan algunas tuberías, generalmente en las instaladas en Pipe Ramming.
- Consultoría: Se describe en el Decreto-Ley 222 de 1983, donde se explica que la consultoría se puede llevar a cabo por personas naturales o jurídicas, siempre y cuando hayan ganado el concurso de méritos, y en

esta misma se define la consultoría como estudios, asesorías e interventorías en proyectos de inversión (Aarón, E et al., 2009).

- Contratante: Entidad pública o privada que es propietaria de la obra.
- Contratista: Entidad que ejecuta la obra de la entidad contratante.
- Contrato: Acuerdo de voluntades.
- DN400: Tubería de 16 pulgadas de diámetro nominal.
- Intersección vial: Punto donde se encuentran dos o mas vías.
- Gasoducto: Instalación subterránea encargada del transporte de gas.
- Mol: Topo de percusión.
- Oleoductos: Instalación subterránea encargada del transporte de petróleo.
- Rammer: Máquina de percusión utilizada en Pipe Ramming.
- Sistema de guiado: Sistema mediante el cual se establece la dirección de la tubería.

- Topo de percusión: Máquina que se utiliza en Impact Molding, y es la que va dando golpes en la tubería para ir la instalando.
- Tornillo sin fin: Máquina que va perforando el suelo, para posteriormente ir instalando la nueva.
- Zanja abierta: Método tradicional para instalar, renovar o reparar una tubería; donde se realizan excavaciones durante todo el tramo de la tubería.

## 12. Referencias bibliográficas

- Aarón, E, Espinosa, A, and Genes, A (2009). Estudio y análisis del contrato de interventoría. Pontificia Universidad Javeriana.
- Abbott, D. (2005). Practical considerations in the selection and for the use of microtunneling Vs other trenchless techniques.
- Allouche, E.( 1 ), Alam, S.( 1 ), Simicevic, J.( 1 ), Sterling, R.( 1 ), Condit, W.( 2 ), Matthews, J.( 2 ), and Selvakumar, A.( 3 ) (2014). A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 39, 82–93.
- Andesco (2012). Tecnología sin zanja para la instalación y rehabilitación de redes de servicio (Cartagena).
- Ariaratnam, S.T., Piratla, K., and Cohen, A. (2014). Field assessment of a Vacuum Microtunneling (VMT) system for on-grade pipeline installations. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 39, 58–65.
- ASCE (2004). Horizontal Auger Boring Projects (ASCE Publications).
- Chianese, A. (2007a). Trenchless installation of steel pipes by Pipe Ramming for the crossing of the main runway and the taxiway at the International Airport of Capodichino, Naples.

- Chianese, A. (2007b). Trenchless installation of steel pipes by Pipe Ramming for the crossing of the main runway and the taxiway at the International Airport of Capodichino, Naples.
- Collins, O. (2007). Pneumatic Pipe Ramming solves emergency situation for rail corridor.
- Dulcy, A (2002). Development of a Decision Support System for Selection of Trenchless Technologies to Minimize Impact of Utility Construction on Roadways.
- EPM (2013). Normas y especificaciones generales de construcción.
- Fonade (2013). Manual de interventoría.
- Fuerst, T. (2007). Small shielded hard rock tunnel boring.
- Gerfor (2007). Ficha técnica polietileno.
- Goodman, A. (2009). Pipe Ramming and the oil pipeline industry.
- Heavens (2003). An overview of the history and benefits of trenchless technology.
- Howell, N. (2004a). 12 - Impact moling. In Sewers, G.F. Read, ed. (Oxford: Butterworth-Heinemann), pp. 236–253.
- Howell, N. (2004b). The Pipe Ramming technique. In Sewers, (Elsevier), pp. 254–271.
- ICONTEC (2011). Norma Técnica Colombiana NTC 1087: Tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido para uso sanitario, aguas lluvia y ventilación.
- Iseley, T., and Gokhale, S.B. (1997). Trenchless Installation of Conduits Beneath Roadways (Transportation Research Board).
- Kramer, S.R. (2012). An Introduction to Trenchless Technology (Springer US).
- Liu, T., and Wang, B. (2014). Guidance Method in HDD Based on Rotating Magnetic Field. IEEE Trans. Geosci. REMOTE Sens. 52, 71–75.
- Ma, B., and Najafi, M. (2008). Development and applications of trenchless technology in China. Tunn. Undergr. Space Technol. 23, 476–480.
- Mahecha, S. (2013). Interventoría de redes de alcantarillado con tecnologías sin zanja. Pontificia Universidad Javeriana.

- Marin, P. (2004). Estudio de la factibilidad técnica y económica del uso de nuevos sistemas de instalación y/o reemplazo de tuberías, sin excavación de zanjas, para conducciones de agua potable. Universidad Industrial de Santander.
- Moreno, Juan Carlos (2014). Entrevista con Juan Carlos Moreno.
- Mosely (2014). Domestic Molding Case Study.
- Nieder, G. (2006). Optical guided auger boring: Latest developments and new fields of application.
- Northeast Consulting (2014). Guided Boring Method.
- Oregon state university (2013). Pipe Ramming research.
- Pacheco-Torgal, F., Abdollahnejad, Z., Miraldo, S., Baklouti, S., and Ding, Y. (2012a). An overview on the potential of geopolymers for concrete infrastructure rehabilitation. *Constr. Build. Mater.* 36, 1053–1058.
- Pacheco-Torgal, F., Abdollahnejad, Z., Miraldo, S., Baklouti, S., and Ding, Y. (2012b). An overview on the potential of geopolymers for concrete infrastructure rehabilitation. *Constr. Build. Mater.* 36, 1053–1058.
- Perforator (2014). Boring machine worm gear.
- Pinzón, J.A. (2011). Evaluación y perspectivas de la utilización de tecnologías sin zanja en redes de alcantarillado de Bogotá. Monografía. Pontificia Universidad Javeriana.
- Pipeco (2014). Armaflex.
- Read, G.F. (2004). *Sewers: Replacement and New Construction* (Butterworth-Heinemann).
- Revinca (2011). Guía para el almacenamiento y manejo de tuberías en PEAD.
- Rodriguez, G. (2014). Cita techmeco.
- Roger Brockenbrough, P. e., and Frederick S. Merritt, P. e. (2011). *About ASCE Press* (McGraw-Hill Professional).
- Schill, J. (2009). Large diameter Pipe Ramming in Canada.
- Sen Gupta, B., Chandrasekaran, S., and Ibrahim, S. (2001). A survey of sewer rehabilitation in Malaysia: application of trenchless technologies. *Urban Water* 3, 309–315.

- Sergio Mahecha (2012). Interventoría de redes de alcantarillado con tecnología sin zanja. Pontificia Universidad Javeriana.
- Simicevic, J., and Raymond, S. (2001a). Guidelines for impact moling.
- Simicevic, J., and Raymond, S. (2001b). Guidelines for Pipe Ramming.
- Swarup, Niranjan (2012). Manual of Trenchless Project Supervision.
- Tracto-Technik (2014). Inspiring trenchless technologies.
- Transcaribe (2006). Índice normas acueducto y alcantarillado.
- U.S. Department of Transportation (2014). Pavement Utility Cuts.
- Underground Brown (2014). Pipe Ramming.
- Vargas, Alex, and Beltran, F (2014). Entrevista Titán.
- Ve Group (2014). Instalación.
- Vega, R. (2011). Hincado horizontal de tuberías. (Costa Rica: Instituto Costarricense del cemento y del concreto).
- Veidmark, Arvid (2009). Auger boring challenges in the Virgin Islands. 4.
- Wetter, L. (2009). Trenchless rehabilitation of a trenchless installation.
- WordDomination (2014). Moling.
- Yepes, V (2014). Excavaciones en zanja y en medio urbano. Hincas de tubería, microtúneles.
- Zaneldin, E.K. (2007). Trenchless construction: An emerging technology in United Arab Emirates. Tunn. Undergr. Space Technol. 22, 96–105.
- Zinzanja (2013). Procedimientos constructivos.
- (2010). Tunnelling and Underground Space Technology.