

Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario



**GOBIERNO
FEDERAL**

SEMARNAT



Vivir Mejor

Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario

Comisión Nacional del Agua

ADVERTENCIA

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

Esta publicación forma parte de los productos generados por la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento cuyo cuidado editorial estuvo a cargo de la Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua.

Título: Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario

ISBN: 978-607-8246-33-5

Autor: Comisión Nacional del Agua
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.
Tel. (55) 5174-4000
www.conagua.gob.mx

Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña,
C.P 14210, Tlalpan, México, D.F.

Impreso en México
Distribución gratuita. Prohibida su venta.
Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Contenido

Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario

Presentación

Definiciones

Introducción

Sección 1 Seguridad 1

1.1 Recepción y descarga 1

1.2 Recomendaciones en zanja 2

Sección 2 Tubería de fibrocemento 5

2.1 Recepción y descarga 5

2.2 Preparación del terreno 7

2.3 Instalación 11

2.4 Inspección 20

Sección 3 Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio 21

3.1 Recepción y descarga 21

3.2 Preparación del terreno 24

3.3 Instalación 29

3.4 Inspección 35

Sección 4 Tubería de PVC 39

4.1 Recepción y descarga 39

4.2 Preparación del terreno 39

4.3 Instalación 48

4.4 Inspección 51

Sección 5 Tubería de concreto 57

5.1 Recepción y descarga 57

5.2 Preparación del terreno 59

5.3 Instalación 63

5.4 Inspección 69

Sección 6 Tubería de acero al carbono	75
6.1 Transporte, instalación y prueba	75
6.2 Soldaduras de uniones	80
6.3 Inspección	88
Sección 7 Tubería de polietileno de alta densidad con refuerzo de acero	97
7.1 Recepción y descarga	97
7.2 Preparación del terreno	98
7.3 Instalación	98
Sección 8 Tubería de polietileno de alta densidad	105
8.1 Recepción y descarga	105
8.2 Preparación del terreno	106
8.3 Instalación	108
8.4 Inspección	116

Presentación

En el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario es importante conocer la infraestructura en la localidad (agua potable, ductos de gas, teléfono, etc.), para evitar que los ductos de alcantarillado coincidan con éstas instalaciones, y asegurar que en los cruces con la red de agua potable, la tubería de alcantarillado siempre se localice por debajo.

La mayor parte de los alcantarillados en localidades medianas y grandes, se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, considerando además de las aguas residuales, las aportaciones pluviales; sin embargo de acuerdo a nuestra experiencia, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben diseñarse y construirse en forma separada, ya que esta práctica evita generar problemas de contaminación, y de operación de sistemas de tratamiento, por la imposibilidad de tratar en época de lluvias la totalidad de las aguas captadas. El tratamiento y disposición de las aguas residuales es una de las necesidades urgentes a resolver en un entorno de expansión urbana e industrial.

Aspectos tales como el adecuado desempeño hidráulico, la resistencia estructural durante su tiempo de servicio, la adecuada hermeticidad para evitar la infiltración de sustancias no deseadas al sistema, así como la estanqueidad que evite las filtraciones al subsuelo, y una vida o período de diseño que se cumpla, son requisitos indispensables.

Es responsabilidad del proyectista la correcta identificación de las condiciones generales del proyecto y las especificaciones de la obra, contando con la entera disposición de los fabricantes de tubería en sus diferentes materiales, para ofrecer asistencia técnica durante las diferentes etapas (transporte, descarga, almacenamiento, instalación y pruebas de tubería), incluyendo supervisión en obra, y capacitación en gabinete y sitio.

Definiciones

Las definiciones y términos que se exhibe enseguida tienen por objeto proporcionar una idea común entre los usuarios del Manual, de tal manera que todos manejen los mismos conceptos.

- Agregado.- Material granular de composición mineral tal como arena, grava, escombros o piedra triturada.
- Agregado de granulometría cerrada.- Agregado que tiene una distribución de partículas tal que, cuando es compactado, la razón de vacíos entre las partículas de los agregados, expresando como un porcentaje del espacio total ocupado por el material, es relativamente pequeño.
- Agregado de granulometría abierta.- Agregado que tiene una distribución de partículas tal que, cuando es compactado, la razón de vacíos entre las partículas de los agregados, expresado como un porcentaje del espacio total ocupado por el material, es relativamente grande.
- Agregado manufacturado.- Agregados tales como escombros que son producidos o derivados de un proceso de manufactura o de mezcla natural y que son reducidos a su forma final por un proceso de trituración.
- Agregados procesados.- Agregados que son cribados, lavados, mezclados o entremezclados para producir una distribución específica del tamaño de las partículas.
- Aguas residuales domésticas.- Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fosforo) y organismos patógenos.
- Aguas residuales industriales.- Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes antes mencionados en las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.
- Aguas de lluvias.- Proviene de la precipitación pluvial y debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles, suelos, y la atmósfera pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; algunos metales pesados y otros elementos químicos tóxicos.
- Acero.- Es la aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2.1% en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0.2% y el 0.3%.
- Albañal interior.- Es la tubería que recoge las aguas residuales de una edificación y termina generalmente en un registro.
- Alcantarillado sanitario.- Un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.
- Atarjea.- Es la tubería que recoge las aguas residuales de las descargas domiciliarias o albañal exterior para entregarlas al colector por medio de un pozo.
- Brocal.- Dispositivo sobre el que se asienta una tapa, que permite el acceso y cierre de un pozo de visita en su parte superior o a nivel de piso, el cual se apoya por fuera de la boca de acceso del pozo de visita.
- Cabeza de atarjea.- Extremo inicial de una atarjea.
- Colector.- Es la tubería que recoge las aguas residuales de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es conveniente conectar los albañales (tuberías de 15 y 20 cm) directamente a un colector de diámetro mayor a 76 cm, debido a que un colector mayor a este diámetro generalmente va instalado profundo; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas "madrinas" a los colectores, en las que se conecten los albañales de esos diámetros, para luego conectarlas a un colector, mediante un pozo de visita.
- Concreto reforzado con revestimiento interior.- Se compone de los mismos materiales que el concre-

- to reforzado y adicionalmente, en el momento de su fabricación, se le coloca una camisa de material plástico laminado, hecha de PVC o polietileno de alta densidad, cuyos anclajes internos logran una adherencia mecánica y permanente al concreto.
- Concreto reforzado.-Se compone de un aglutinante con cemento, agua, y agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca una vez que la mezcla ha fraguado, debido a la reacción química entre el cemento y el agua, con material de refuerzo, normalmente acero de alta resistencia, para mejorar la resistencia de los elementos fabricados con estos materiales.
 - Concreto simple.- Se compone de un aglutinante con cemento, agua, y agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca una vez que la mezcla ha fraguado, debido a la reacción química entre el cemento y el agua.
 - Conducción por bombeo (presión).-La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicional energía para obtener el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.
 - Conducción por bombeo-gravedad.-Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en ese lugar. La instalación de dicho tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad.
 - Conducción por gravedad.- Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.
 - Contaminación de un cuerpo de agua.-Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeriten la calidad del cuerpo de agua.
 - Cruce elevado.- Estructura utilizada para cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura.
 - Deflexión.- Cualquier variación en el diámetro interno de la tubería resultado de la instalación y de las cargas impuestas (vivas y muertas). Puede ser tanto vertical como horizontal y usualmente se establece como un porcentaje del diámetro interno original de la tubería.
 - Densidad Próctor Estándar.- Peso seco unitario máximo del suelo al ser compactado con el contenido óptimo de humedad, obtenido en laboratorio de acuerdo al método de prueba ASTM D 698.
 - Descarga domiciliaria o albañal exterior.- Instalación que conecta el último registro de una edificación (albañal interior) a la atarjea o colector.
 - Emisor.- Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.
 - Entibado.- Se define como entibado al conjunto de medios mecánicos o físicos utilizados en forma transitoria para impedir que una zanja excavada modifique sus dimensiones (geometría) en virtud al empuje de tierras. Se debe entender que el entibado es una actividad medio y no una finalidad. Sirve para poder lograr un objetivo de construcción (colector, galería o fundación), por lo cual a la conclusión de la obra es retirada casi en su totalidad.
 - Espiga.- Es la extremidad adelgazada, utilizada para lograr el ensamble en el hueco o campana de otro tubo.
 - Estructuras de caída escalonada.-Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 50 en 50 cm hasta 2.50 m como máximo; están provistas de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 3.05 m.
 - Estructura de descarga.-Obra de salida o final del emisor que permite el vertido de las aguas residuales a un cuerpo receptor; puede ser de dos tipos, recta y esviada.
 - Fibrocemento.- Es un material utilizado en la construcción, constituido por una mezcla de cemento

- y fibras de refuerzo, para mejorar la resistencia de los elementos fabricados con estos materiales.
- Flujo por gravedad.-Movimiento de un flujo debido a una diferencia de altura.
 - Flujo por presión.- Movimiento de un flujo debido al empleo de una bomba que genera un aumento de presión después de pasar el fluido por ésta o cuando la tubería trabaja por gravedad a tubo lleno generando un gradiente hidráulico.
 - Flujo por vacío.- Movimiento de un flujo debido a una variación de presiones, dentro del conducto se genera una presión por debajo de la presión atmosférica negativa (vacío), y cuando el fluido es sometido por un lado a una presión positiva el fluido se conducirá a la sección de vacío.
 - Interceptor.- Es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento. En un modelo de interceptores, la tubería principal (colectores) se instala en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y se descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural.
 - Poli (cloruro de vinilo) (PVC).- Polímero termoplástico, orgánico obtenido por polimerización del cloruro de vinilo.
 - Poliéster.- Es un material termoplástico que pertenece a la familia de los estirénicos, distinguiéndose por su elevada transparencia y brillo principalmente.
 - Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).- Es una tubería compuesta de tres materias primas básicas. La primera son dos tipos de refuerzo de fibra de vidrio (fibra de vidrio cortada y fibra de vidrio continua) para lograr resistencia circumferencial y axial; arena sílica que es utilizada para aumentar la rigidez y se aplica al eje neutro y finalmente la resina en el revestimiento interno y externo del tubo.
 - Polietileno de alta densidad (PEAD).-Polímero termoplástico, perteneciente a la familia de los polímeros olefinicos, obtenido por polimerización del etileno.
 - Pozos con caída adosada.-Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel hasta de 2.00 m.
 - Pozos con caída.- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea a los cuales, en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 a 76 cm de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.
 - Tapa.- Dispositivo que asienta sobre el brocal
 - Tratamiento.- Es la remoción en las aguas residuales, por métodos físicos, químicos y biológicos de materias en suspensión, coloidal y disuelta.
 - Tubería flexible.- Son aquellas que se deflexionan por lo menos un 2% sin sufrir daño estructural. Materiales de las tuberías flexibles: acero, aluminio, PVC, polietileno, polipropileno, poliéster reforzado con fibra de vidrio.
 - Tubería rígida.- Se considera tubería rígida aquella que no admite deflexión sin sufrir daño en su estructura. Materiales de las tuberías rígidas: concreto, fibrocemento, hierro fundido y barro.
 - Vida útil.- Tiempo en el cual los elementos de un sistema operan económicamente bajo las condiciones originales del proyecto aprobado y de su entorno.

Introducción

Debido a la importancia que reviste el disponer de información actualizada de los métodos de instalación de tubería de alcantarillado, hemos puesto nuestro mejor esfuerzo para asegurar que este manual sea fácilmente entendible, y sea una guía adecuada para ingenieros, contratistas y organismos operadores, aprovechando toda la experiencia acumulada que se tiene actualmente en la ejecución de este tipo de obras.

Los fabricantes de tubería y la **Conagua** consideramos que la lectura de este manual resultará de ayuda para la selección de los elementos que integran un sistema de alcantarillado sanitario, aplicando el mejor criterio posible de acuerdo con los datos que aquí se proporcionan de los diversos materiales. En quien proyecta, construye, desarrolla o administra los sistemas de alcantarillado sanitario, recae una gran responsabilidad para con la sociedad; así mismo el ingeniero encargado del proyecto debe ser informado de los diferentes productos que existen en el mercado nacional, así como sus propiedades y características, manejo, almacenamiento, instalación, prueba hidrostática, etc.

Es fundamental que la supervisión y el contratista verifiquen las condiciones del suelo a lo largo de la zanja, las cuales pueden afectar las condiciones de encamado de la tubería, principalmente en suelos de alta plasticidad ó en presencia de nivel freático alto. La plantilla y el relleno compactado en la zona del acostillado, deben construirse con materiales adecuados a las condiciones imperantes. Así mismo es importante revisar si el tipo, clase y diámetro de la tubería corresponden a la altura de relleno dado en cada tramo, así como al ancho de zanja considerado en el proyecto, y el adecuado procedimiento de compactación.

En casos especiales, y cuando las solicitudes de carga rebasen la capacidad de la tubería de alcantarillado, el fabricante deberá brindar asesoría al respecto en cada caso en particular.

Los fabricantes de tubería que participaron en la elaboración de éste manual de instalación avalado por la **Conagua**, disponen de personal calificado, y con amplia

experiencia en obra y en asesoría a bufetes de proyectistas, quienes proporcionarán apoyo técnico a contratistas y supervisores de las diversas entidades responsables de la construcción y operación de los sistemas de alcantarillado en nuestro país.

La información que en este manual se presenta ha sido comprobada en la práctica, y es aplicable a la mayoría de las situaciones posibles en obra. En caso de que el lector tenga dudas sobre el contenido o veracidad de los métodos y procedimientos aquí expuestos, se establecen algunas referencias para solventar las mismas, o puede consultar al proveedor de la tubería que considere necesario.

Factores de Seguridad

En la práctica de la ingeniería, los factores de seguridad permiten estimar los requerimientos de resistencia y funcionamiento de un sistema de alcantarillado bajo condiciones comunes y eventuales, dando por resultado un diseño que permitirá una operación satisfactoria de la obra durante su período de vida útil. El proyectista ó diseñador, deberá consultar al proveedor de la tubería para determinar el factor de seguridad, el cual estará basado en la evaluación de las cargas que determinarán los esfuerzos a que estará sometida la tubería, y en el factor de seguridad con el cual se diseña y fabrica la misma.

Cabe mencionar que si el objetivo es realizar obras que generen confianza y satisfacción, con miras a un futuro cada vez más estricto en materia de normatividad, es necesario que asociemos a un buen diseño en gabinete, la comunicación adecuada con quienes ejecutan las obras (los contratistas y constructores), así como también con la supervisión y el departamento técnico de asesoría de los proveedores o fabricantes.

En conclusión, es recomendable que al proyectista se le provea con información de los diversos materiales de tubería, respecto a datos sobre: resistencia mínima de aplastamiento y resistencia al reventamiento de las diversas tuberías de alcantarillado, para así garantizar desde el principio la viabilidad de la obra, ya que el mejor proyecto puede resultar un fracaso, si la selección del tipo o clase de la tubería se hace en condiciones deficientes.

Sección 1 Seguridad

1.1 Recepción y descarga

- a) Sólo operadores de equipo autorizados se les permitirá descargar el tráiler.
- b) Vista casco de seguridad, zapatos, guantes y protección de ojos, aprobados.
- c) Estacione el camión y el tráiler en tierra nivelada antes de empezar la descarga.
- d) Mantenga a todas las personas no autorizadas fuera del área cuando el chofer libere los amarres del tráiler durante la descarga.
- e) No libere el fleje alrededor del marco de madera hasta que las tarimas o amarres se han colocado en el suelo nivelado y no se moverán otra vez como una unidad.
- f) Conozca las habilidades y capacidades de carga de su equipo de levantamiento. Nunca las exceda.
- g) No se pare o camine sobre los tubos durante la maniobra de descarga.
- h) Si la descarga es en puntos múltiples, asegure las tarimas entre puntos de descarga. Siempre descargue primero las tarimas.
- i) Nunca amarre cadenas o cuerdas al tubo, éstos podrían dañarlo.
- j) No empuje las tarimas fuera del tráiler, ni permita que el tubo se deslice al suelo.
- k) En el caso de Tubo de Polietileno Reforzado de Acero, no apile el tubo más allá de dos pallets de alto. Las pilas de tres o más tarimas pueden dañar los tubos del fondo y puede hacerse inestable.
- l) Únicamente use astas recomendadas de descarga para levantar el tubo. El uso de astas no recomendadas puede provocar prácticas no seguras y el daño de la tubería.

Advertencia: La caída o el tubo rodando puede causar lesiones personales severas o muerte. A pesar de las instrucciones contenidas en este manual, es responsabilidad del consignatario o agente del consignatario que planee los procedimientos de descarga y manejo.

Importante: Todos los tubos fabricados con petroquímicos pueden incendiarse y por ello no es recomendable su uso para aquellas aplicaciones donde pueda verse expuesto al excesivo calor o las llamas. Durante la instalación se debe tener cuidado de no exponer el tubo a las chispas causadas por las soldaduras, las llamas de un soplete u otras fuentes de calor, llamas o electricidad que pudieran incendiar el material del tubo. Esta precaución es especialmente importante cuando se trabaja con químicos volátiles en la realización de juntas laminadas, o durante la reparación o modificación del tubo en obra.

1.2 Recomendaciones en zanja

Dadas las consecuencias que se pueden presentar durante el proceso de instalación de una tubería deben adoptarse medidas preventivas, las cuales pueden resumirse en:

- a) El personal que va a trabajar en el interior de las zanjas debe conocer los riesgos a los que puede estar sometido;
- b) Para acceder o salir de una zanja deben utilizarse escaleras de mano, anclada en el borde superior de la zanja y apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. Para pasar por encima de una zanja se deben instalar pasarelas adecuadas. Nunca debe pasarse sobre los elementos del apuntalamiento;
- c) Deben prohibirse los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia menor a 0,50 m, como regla, del borde de la zanja;
- e) Cuando la profundidad de la zanja sea igual o superior a los 2 m se deben proteger los bordes mediante una barandilla situada a una distancia mínima de 2 m;
- f) Si la profundidad de la excavación es menor a 2 m, puede instalarse una señalización de peligro (puede ser una línea de yeso o cal situada a 2 m del borde de la zanja, cuerda con banderolas, etc.),
- g) Se deben revisar los taludes o cortes a intervalos regulares, para evitar desprendimientos debido al uso de martillos neumáticos, compactadores, excavadoras, etc.;
- h) Se debe efectuar el achique inmediato de las aguas que afloran o caen en el interior de la zanja, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes;

Todos los apuntalamientos deben ser revisados periódicamente.

Normas Oficiales Mexicanas

NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. D.O.F. 24-XI-2008.

NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. D.O.F. 31-V-1999.

NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad. D.O.F. 9-III-2001.

NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. D.O.F. 6-V-2011.

NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. D.O.F. 17-IV-2002.

NOM-014-STPS-2000, Exposición laboral a presiones ambientales anormales-Condiciones de seguridad e higiene. D.O.F. 10-IV-2000.

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. D.O.F. 9-XII-2008.

NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. D.O.F. 13-IV-2011.

NOM-021-STPS-1993, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas. D.O.F. 24-V-1994.

NOM-024-STPS-2001, Vibraciones - Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. D.O.F. 11-I-2002.

NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. D.O.F. 20-XII-2008.

NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo - Funciones y actividades. D.O.F. 22-XII-2009.

NOM-031-STPS-2011, Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. D.O.F. 4-V-2011.

NOM-113-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Calzado de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009.

NOM-115-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Cascos de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009.

NOM-116-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas - Especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009.

Para más información:

http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/marco_juridico/noms.html

NORMAS OSHA

PART 1926 Safety and Health Regulations for Construction

Fuente:

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=STANDARDS&p_toc_level=1&p_keyvalue=Construction

Sección 2 Tubería de fibrocemento

2.1 Recepción y descarga

Durante el transporte de los tubos hasta el punto de instalación, es necesario tomar precauciones para evitar que estos se sometan a esfuerzos superiores a los que han sido diseñados y construidos, en muchas ocasiones los esfuerzos por manipulación son mayores a los que sufre el tubo en servicio, especialmente en lo que a flexión longitudinal se refiere.

2.1.1 Transporte

Los tubos se colocan en los vehículos en posición horizontal sobre cunas o listones, deben ser transportados de tal forma que se garantice la inmovilidad transversal y longitudinal de la carga, así como la adecuada sujeción de los que se encuentran apilados.

Cuando se utilicen cables o eslingas de acero, éstas deben ser convenientemente protegidas para evitar cualquier daño a la superficie del tubo, que pueda afectar su durabilidad y su desempeño.

La manipulación de los tubos en fábrica, en el transporte y en la instalación en obra debe efectuarse sin que sufran golpes o rozaduras, principalmente en los extremos maquinados (sección de enchufe). Durante el transporte, revise periódicamente la sujeción y buen estado de las estibas, evitando las maniobras bruscas que puedan producir daños.

2.1.2 Recepción en obra

El responsable de la obra debe realizar una inspección visual de los tubos desde la descarga, a fin de eliminar del acomodo los defectuosos o dañados durante el transporte. Aunque este hecho es totalmente previsible desde fábrica; para evitar mermas en los proyectos durante la recepción en obra. Las anomalías deben quedar reflejadas en el documento de recepción, anotándose la cantidad de piezas dañadas y el tipo de daño advertido.

2.1.3 Descarga

La descarga se puede realizar con los medios materiales y humanos adecuados para que se realice con seguridad. Deben adoptarse las instrucciones siguientes al respecto:

- a) No use barretas, cinceles o martillos para cortar los flejes.
- b) No golpee los tubos al cortar los flejes
- c) Evite que los tubos superiores se resbalen.

El contratista debe proveer el procedimiento de descarga y manipulación de tubos más acorde con las especificaciones de calidad de la obra.

2.1.3.1 Descarga manual

Los tubos de 100 mm (4") a 250 mm (10") de diámetro pueden descargarse a mano; en este caso, la descarga nunca se hará deslizando los tubos sobre sus extremos maquinados, ya que se les puede dañar.

Para descargar con cables y tablonés, estos deben tener la resistencia adecuada al peso de los tubos y la longitud suficiente para que, apoyando uno de sus extremos sobre la penúltima hilada (cuando vienen apilados) o en la parte baja del tubo, se forme una pendiente no mayor a 45°.

Para tubos de diámetro de 300 mm (12") a 500 mm (20"), se usa el mismo método anterior, con dos hombres arriba de la estiba para pasar los cables alrededor del tubo por bajar y el acunamiento del siguiente, y dos hombres por cada cable para controlar su extremo y la operación de bajado.

2.1.3.2 Descarga mecánica

Los tubos de diámetro mayor a 500 mm (20") se pueden descargar con la maquinaria convencional de excavación y de elevación, siempre que se disponga de dispositivos adecuados, con el objeto de controlar con precisión los movimientos de descarga. Es recomendable el empleo de grúas automotrices para la descarga de tubos de peso superior a 300 Kg.

En las siguientes imágenes se muestran los implementos y accesorios empleados regularmente en la descarga.

Los puntos de contacto de estos implementos deben disponer de protecciones elásticas. Una vez suspendido el tubo y hasta situarlo en su lugar de acopio, deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

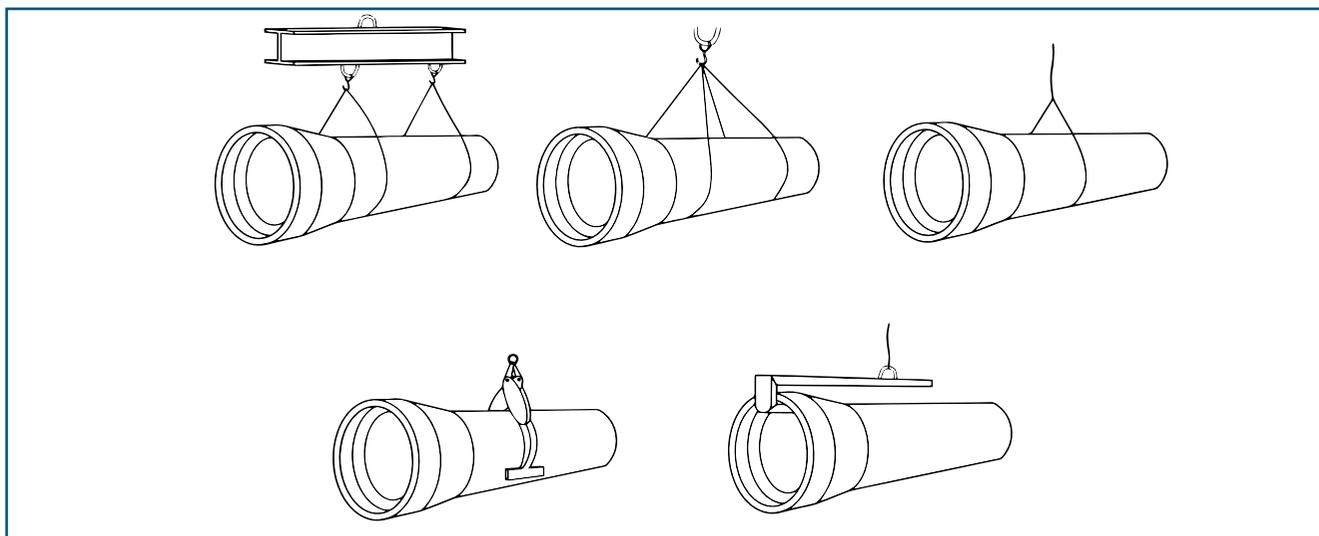
- a) Evitar golpes entre tubos y contra el terreno.
- b) Guiar la carga tanto al elevarla como al depositarla (puede utilizar cuerdas de control) para mayor seguridad.
- c) Maniobrar con suavidad.
- d) Nunca situarse debajo de la carga
- e) Evitar que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados o sobre roca.
- f) Después de la descarga evitar que los tubos sean arrastrados o rodados.
- g) Descargarlos lo más cerca posible del lugar donde van a ser instalados.

2.1.3.4 Acopio de tubos

Al realizarse el acopio de los tubos deben ser tomadas en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las especificaciones propias del producto. Es recomendable hacer el acopio del mismo lo más cerca posible del punto de instalación.

Existen dos tipos de apilado recomendable para este producto:

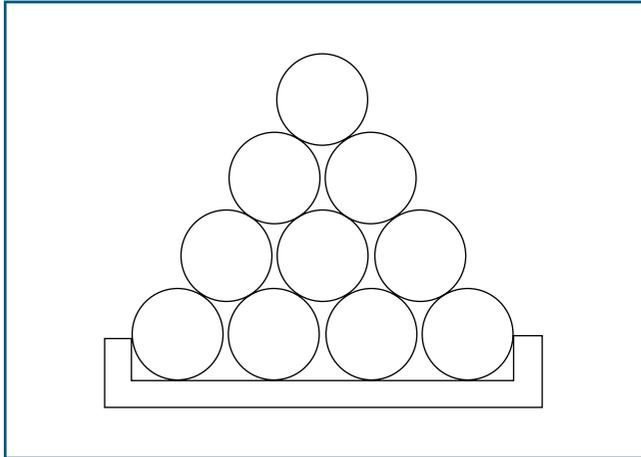
Figura 2.1 Implementos y accesorios para descarga mecánica de los tubos



Piramidal

Se deben adoptar precauciones especiales al calzar lateralmente los tubos para evitar que rueden, así como también cuidar que no tenga una altura excesiva el apilamiento para que los tubos de la parte inferior no estén sobrecargados.

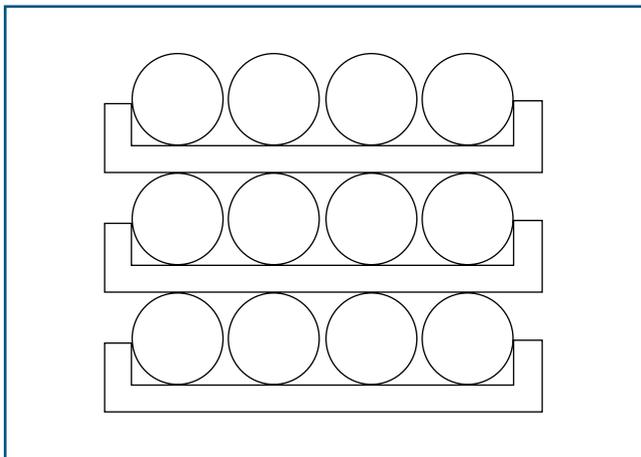
Figura 2.1.1 Apilado piramidal



Rectangular

La hilada inferior debe colocarse en una superficie plana y nivelada, apoyándose sobre tabloncillos paralelos colocados a 1/5 de los extremos del tubo; además debe calzarse adecuadamente para evitar desplazamientos.

Figura 2.1.2 Apilado rectangular



2.1.4.1 Acopio de Anillos de hule en obra

Los anillos de hule se deben almacenar bajo cubierta, en un lugar fresco, seco, protegidos de la luz, especialmente de la radiación solar directa y de las radiaciones artificiales con un elevado índice ultravioleta. Requiere el empleo de contenedores opacos. Y no estar en contacto con materiales líquidos o semisólidos, en especial solventes, aceites, grasas y/o metales.

Asimismo los anillos deben estar libres de esfuerzos de tracción, compresión o de otro tipo que pueda deformarlos; (retorcidos, con peso encima, etc.). Para controlar las necesidades de montaje y evitar errores, los anillos deben estar clasificados, bien localizados y limpios.

2.2 Preparación del terreno

2.2.1 Consideraciones generales

Este manual contempla la instalación en zanja únicamente, aunque existen otras consideraciones especiales que no se incluyen, cuando sea el caso, consulte con el proveedor o fabricante de la tubería correspondiente. Para obtener la máxima protección de la tubería se recomienda que esta se instale en condición de zanja. El tipo de excavación deberá ser de acuerdo a las características del terreno, conservando las pendientes y profundidades que marque el proyecto, el fondo de zanja debe ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de la tubería (plantilla o cama).

La instalación de la tubería indicada en el proyecto de la red de alcantarillado se hará de aguas abajo hacia aguas arriba a partir de la descarga del emisor, incluyendo sus accesorios, continuando con el colector principal y las atarjeas que se le unen y los pozos de visita, siempre de aguas abajo hacia aguas arriba.

Las pendientes de la tubería, deben seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos indicados en el proyecto, la ubicación y topografía de las áreas a las que dará servicio. El objetivo de las pendientes es evitar en lo posible, el azolve y la erosión de la tubería.

En donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas y se debe hacer un

estudio técnico-económico, de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 5.0 m/s.

Para la instalación de los tubos en zanja, se fijan puntos de referencia mediante estacas, clavos o cualquier otro procedimiento; a partir de estos puntos se sitúa el eje de la tubería en el fondo de la zanja.

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de la tubería se deben efectuar como se indica a continuación:

- a) Para tuberías de hasta 750 mm (30") de diámetro, los cambios de dirección son hasta 90° y deben hacerse con un solo pozo común.
- b) Si el diámetro de la tubería es mayor a 750 mm (30") y hasta 900 mm (36") de diámetro, los cambios de dirección son hasta 45° y deben hacerse con un pozo especial.

Si se requieren dar deflexiones mayores que las permitidas, debe emplearse el número de pozos que sea necesario, respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo.

Para facilitar las operaciones de inspección y limpieza, se recomiendan las siguientes distancias de acuerdo al diámetro de la tubería:

- a) Para tubería de 150 mm (6") hasta 600 mm (24") de diámetro, 125 metros.
- b) Para tubería mayor de 600 mm (24") hasta 900 mm (36") de diámetro, 150 metros.

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, en un máximo de 10 %.

2.2.2 Ancho y Profundidad de la zanja

Las dimensiones de las zanjas quedan determinadas por el proyecto hidráulico de la red, siendo las profundidades variables para albañales, atarjeas, colectores y el emisor. Las zanjas deben tener paredes verticales o como mínimo hasta el lomo de los tubos, en el caso de terrenos no estables.

La plantilla o cama (antes de formar el canal) para tubos de fibrocemento para alcantarillado tendrá un espesor de al menos 10 cm para tubos de 150 mm (6") a 900 mm (36") de diámetro, el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería ya instalada, será de 5 cm.

2.2.3 Acondicionamiento del fondo de la zanja (cama de apoyo)

Para proporcionar apoyo adecuado y continuo (encamado) a los tubos por instalar, deberá colocarse una cama de material seleccionado libre de piedras, para un correcto asentamiento, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a flexión. El espesor de la plantilla debe ser de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Antes de ser bajados los tubos a la zanja se deben excavar cuidadosamente las cavidades para los coples (conchas) para alojar el cople de la junta de los tubos y revisar los anillos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre la plantilla apisonada.

En la práctica se utilizan 3 tipos de camas de apoyo para tubos en zanja, las cuales son ilustradas a continuación:

Figura 2.2 Representación esquemática de una zanja

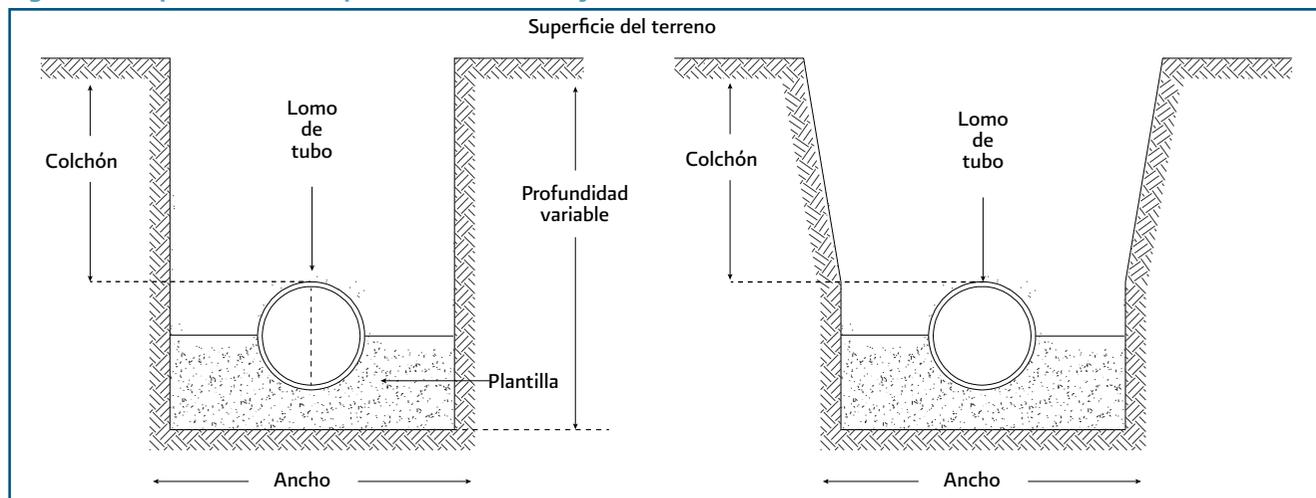
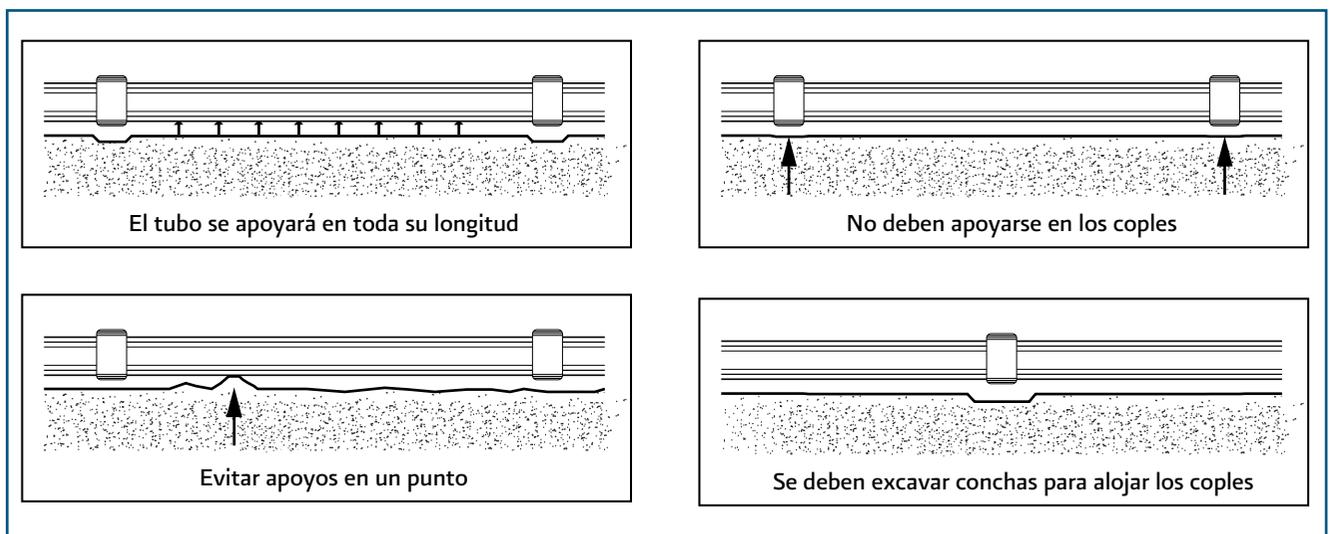


Tabla 2.1 Dimensiones de zanja para tubería de fibrocemento para alcantarillado

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (pulgadas)	Ancho (cm)	Espesor de la plantilla (cm)	Colchón mínimo (cm)
150	6	60	10	90
200	8	65	10	90
250	10	70	10	90
300	12	75	10	90
350	14	85	10	90
400	16	90	10	90
450	18	100	10	110
500	20	110	10	110
600	24	120	10	110
750	30	145	10	110
900	36	170	10	110

Figura 2.3 Colocación de tubos en la cama de apoyo



Apoyo tipo A

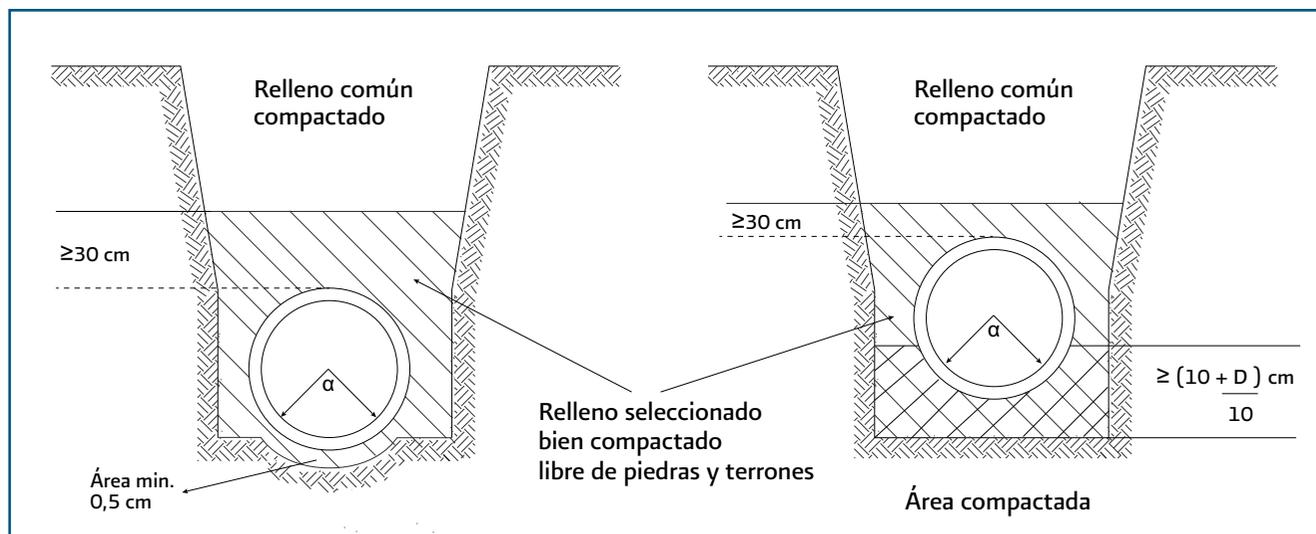
Este tipo de apoyo es recomendado cuando el nivel freático está localizado por encima del fondo de la zanja y cuando el suelo tiene baja capacidad portante. Para su instalación se requiere colocar entre el tubo y el fondo de la zanja una capa de grava (de 1/2" máximo) o de arena gruesa a cuya parte superior se da forma de "cuna" para apoyo del tubo la altura de la gravilla igual o mayor a (0.1D +10) cm). El relleno se continúa a ambos lados y hasta una altura igual o mayor a 30 cm, sobre el lomo del tubo, con material libre de piedras y terrones, el cual será compactado en capas no mayores a 15 cm. El resto de la zanja ó terraplén necesario es construido con material común.

Tabla 2.2 Coeficientes de transformación

Ángulo de apoyo α	Relación de proyección $p' = 1 - [0,5(1 - \cos \alpha/2)]$	Zanja y zanja bajo terraplén	Nivel indefinido
		Compactación normal*	Compactación normal*
60°	0.93	1.6	2.1
90°	0.85	1.9	2.3
120°	0.75	2.2	2.5

(*) 90% de Próctor estándar mínimo

Figura 2.4 Cama de apoyo tipo A para tubos en zanja



Apoyo tipo B

Este tipo de apoyo es el más común y se recomienda para suelos normales, libres de piedras y rocas, y que posean buena capacidad portante. La tubería se coloca directamente sobre el fondo de la zanja, previamente nivelado, asegurando un contacto continuo de la generatriz del tubo con el suelo de fundación. En el sitio de la unión o cople se debe excavar una pequeña concha en el terreno para evitar que la tubería se soporte en los coples. El relleno en el fondo y en ambos lados de la tubería, será de material libre de piedras y terrones y bien compactado, cubriendo hasta 30 cm el lomo del tubo. A continuación y hasta el nivel del terreno natural, el relleno puede ser compactado, con material producto de la excavación.

Figura 2.5 Cama de apoyo tipo B para tubos en zanja

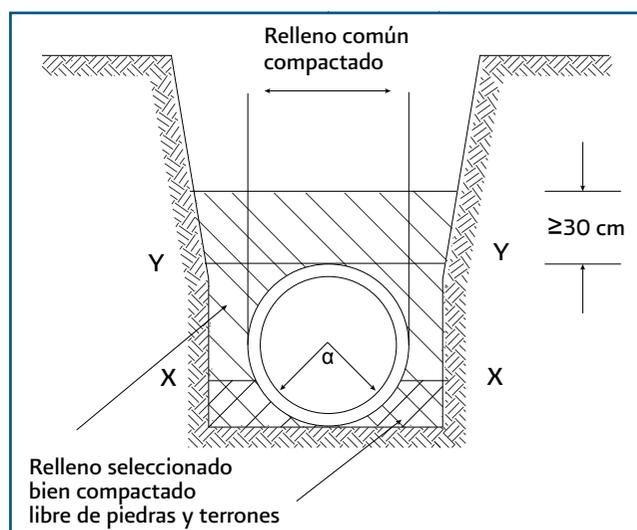


Tabla 2.3 Coeficientes de transformación

Ángulo de apoyo α	Relación de proyección $p' = 1 - [0,5(1 - \cos \alpha/2)]$	Zanja y zanja bajo terraplén		Nivel indefinido
		Con compactación entre XX y YY	Sin compactación entre XX y YY	Compactación normal*
0° a 20°*	1.00	1.2	1.1	1.2
30°	0.98	1.3	1.1	1.4
60°	0.93	2.5	1.2	1.7
90°	0.85	1.7	1.3	1.9
120°	0.75	1.7	1.3	1.9

(*) 90% de Próctor estándar mínimo

Apoyo tipo C

Este tipo de apoyo se recomienda cuando la capacidad de soporte del suelo sea mínima, en general su uso es apropiado cuando el terreno es de mala calidad, o cuando su instalación es a una profundidad grande. Consiste esencialmente de una cuna en concreto en la cual la tubería es uniformemente soportada. El ancho mínimo de la cuna será igual al diámetro exterior de la tubería más 20 cm; la altura de la sección de concreto no será menor a un cuarto del diámetro nominal, siendo el mínimo 10 cm. La resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) no será menor a 210 kg/cm².

A ambos lados del tubo, y hasta una altura mínima de 30 cm sobre la clave del tubo, se rellenará con material libre de piedras y terrones, el cual se compactará en capas no mayores de 15 cm; finalmente se lleva a cabo el relleno último con material producto de la excavación.

Figura 2.6 Cama de apoyo tipo C para tubos en zanja

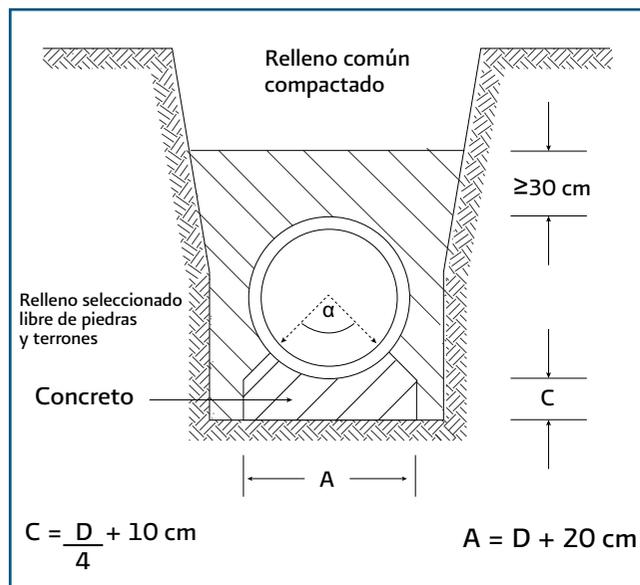


Tabla 2.4 Coeficientes de transformación (K)

Ángulo de apoyo α	Relación de asentamiento p'	Zanja y zanja bajo terraplén	Nivel indefinido
		Compactación normal*	Compactación normal*
90°	0.85	2.2	2.8
120°	0.75	2.6	3.2

(*) 90% de Próctor estándar mínimo

2.3 Instalación

Instalación de tubos en conducciones convencionales

Todos y cada uno de los tubos, coples y anillos para empaque, deben revisarse cuidadosamente antes de su instalación, ya que una buena inspección evita en gran parte los contratiempos que se pueden tener por no hacerla.

Las tuberías de alcantarillado sanitario se pueden instalar sobre la superficie, enterradas ó con una combinación de ambas, dependiendo de la topografía del terreno, de la clase de tubería y del tipo de terreno.

Se recomienda comenzar con la instalación de los tubos del emisor, posteriormente se instalarán los tubos de los colectores y atarjeas.

2.3.1 Verificaciones previas a la instalación

- Se debe tener hecha la excavación del pozo de visita (el de aguas abajo) y terminada la construcción de la caja o base de la estructura (de mampostería o de concreto) del pozo, la media caña para la conexión del primer tubo por instalar.
- Debe estar preparada a lo largo de la zanja la planilla, y las conchas para coples y estrobos (para diámetros grandes).
- La instalación de la tubería se hará de aguas abajo hacia aguas arriba, para utilizar la tubería cuando se haga necesario desaguar la zanja, o el tramo instalado con sus dos pozos extremos al realizar la prueba de presión hidrostática.
- Se comprobará que los coples no tengan en su interior materias extrañas, y los extremos maquinados de los tubos y los anillos deberán estar perfectamente limpios; además, se tendrá a mano el lubricante necesario.

2.3.2 Preparación de coples y anillos con junta simple

- Limpie perfectamente con un trapo o estopa, las ranuras interiores del cople y los anillos de hule próximos a instalarse.
- Inserte los anillos empujándolos hasta la parte interior de la ranura del cople, aplicando un poco de lubricante para facilitar la colocación de los anillos.

- c) Enseguida, se ejerce presión en las ondas hasta lograr quede en la posición correcta. A continuación se hace la colocación del segundo anillo en la misma forma. Estas operaciones se hacen estando el cople en posición horizontal o vertical, fuera de la zanja.

Figura 2.2.1 Colocación de los anillos de hule en los coples

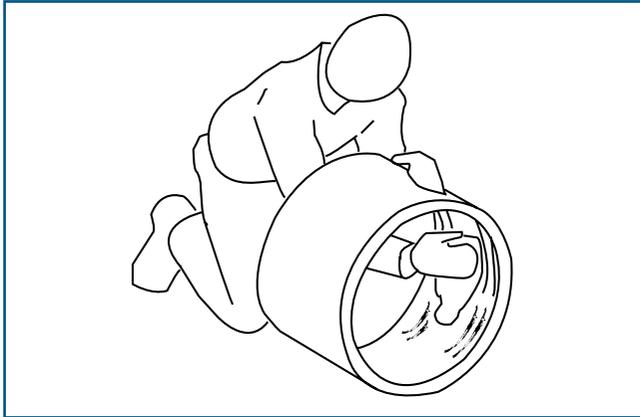


Figura 2.2.2 Colocación de los anillos de hule en los coples

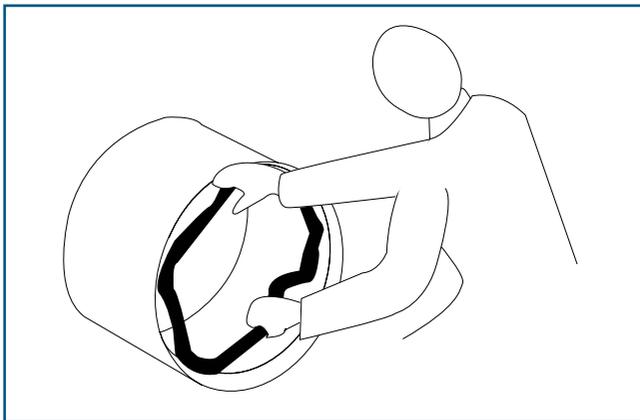
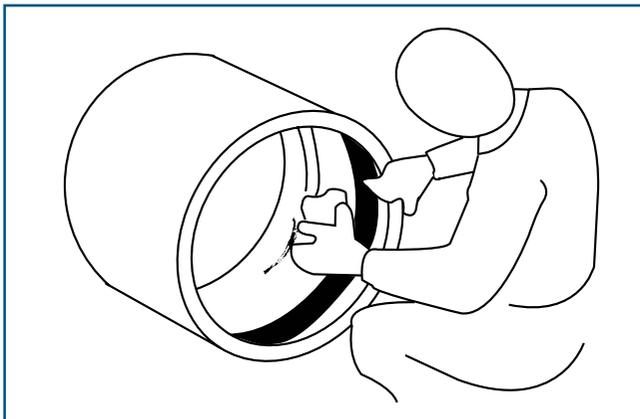


Figura 2.2.3 Colocación de los anillos de hule en los coples



2.3.3. Preparación de los tubos

Limpie perfectamente los extremos maquinados del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante en el primer extremo maquinado del tubo (chaflán) y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas; se recomienda que el lubricante sea el proporcionado por el fabricante, o bien agua jabonosa o agua con glicerina, evitando el uso de aceites minerales que dañan el anillo de hule.

Al emboquillar el cople, debe quedar un centímetro más adentro en su parte inferior, se hace girar el cople y se verifica la posición del anillo con el escantillón.

2.3.4 Encampanado

La operación de colocar un cople a cada tubo se le llama encampanado, acampanado ó acoplamiento. Los tubos pueden encampanarse fuera de la zanja, pero conviene más hacerlo dentro de la misma. Dependiendo del diámetro, el acoplamiento se puede hacer manual o por medios mecánicos.

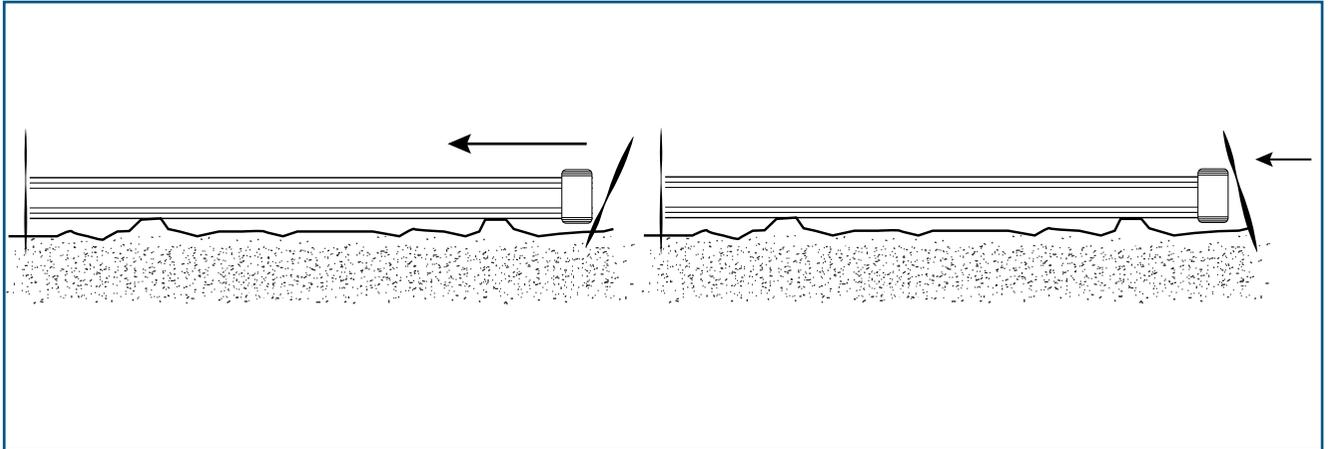
2.3.4.1 Encampanado a mano

Para acoplar, se jala violenta y fuertemente en línea recta el cople para que de un solo golpe ocupe su posición final. Este sistema puede utilizarse en tuberías de 150 mm (6") de diámetro y bajo condición de que el personal que lo ejecute, esté suficientemente capacitado y seguro de no dañar los tubos y coples.

2.3.4.2 Encampanado fuera de la zanja (encampanado previo)

Este sistema puede utilizarse en tuberías de diámetros mayores a 600 mm (24"). Apoye el tubo contra un soporte sólido y resistente, coloque el cople en el extremo lubricado del tubo y empuje con una barra, teniendo cuidado de intercalar un bloque de madera para no dañar el cople, hasta lograr el enchufe.

Figura 2.7 Encampanado previo (fuera de la zanja)



2.3.4.3 Verificación de la posición de los anillos

Es muy importante que en cada unión de tubos se compruebe la correcta posición de los anillos para los tubos de 150 mm (6") a 900 mm (36").

Para comprobar que la junta ha quedado bien instalada, verifique la posición correcta del anillo con un escantillón de acero, como se indica a continuación:

Se construye un escantillón con fleje de acero como se muestra en la *Figura 2.8*, con las dimensiones especificadas, se introduce entre el tubo y el cople llevándolo todo alrededor; el escantillón debe tocar el anillo en todos sus puntos, debiendo conservar la equidistancia constante entre la pared del cople y la parte vertical del escantillón, para considerar que la junta está bien instalada. Previamente se hace girar el cople.

Si se verifica que los anillos no están en su correcta posición, es necesario desmontar el cople y proceder a acoplar de nuevo, revisando los anillos extraídos; si están dañados, deben sustituirse.

Si el tubo está recién acoplado y antes de que el lubricante seque, puede desinstalarse a mano jalándolo; en caso contrario primero se desacopla el tubo con gato, enseguida el cople se quita golpeándolo a su alrededor con un martillo y un pedazo de madera. Si el anillo está mordido, esta falla puede corregirse como sigue:

- Golpeando ligeramente en todo su perímetro los extremos del cople para que se acomode el empaque.
- Haciendo girar el cople hasta que se acomoden los empaques.
- Si el anillo no se acomoda, calafatear con sellador los extremos de la zona en donde se haya perdido la equidistancia con el escantillón.

Figura 2.8 Verificación de los anillos de hule en la junta



2.3.5 Descenso de tubos a zanja

El tubo se baja a la zanja después de inspeccionar visualmente, comprobar su clase y verificar la cama de apoyo.

Son generalmente tubos de 200 mm (8") a 500 mm (20") de diámetro, los cuales se bajan por medio de 2 cables (uno por cada extremo del tubo), y de dos a seis hombres, repartiendo el peso del tubo a razón de 100 kg por persona aproximadamente.

2.3.5.2 Descenso de tubos a emisores

Son tubos con diámetro de 600 mm (24") y mayores, los cuales se bajan a la zanja por medio de equipo mecánico como retroexcavadoras o grúas de capacidad adecuada al peso y distancia de manejo. Bajados los tubos deberán quedar apoyados en toda su longitud sobre la plantilla, evitando que queden sobre piedras, calzas de madera o cualquier otro soporte, se realiza su centrado y perfecta alineación.

Foto 2.9 Descenso de tubos a la zanja con equipo mecánico



2.3.5.3 Encampanado dentro de zanja

Es recomendable para tuberías de 200 mm (8") a 900 mm (36") de diámetro; el proceso de enchufe, se verificará en dos movimientos: cople a tubo y tubo a cople enchufado.

Cuando la tubería ya está encampanada, se puede hacer el enchufe del tubo en la zanja empleando el sistema de tirfor y polea diferencial para diámetros de 200 mm (8") a 900 mm (36").

Los tubos deben estar perfectamente alineados y el tubo por acoplar debe estar bajo control de los operarios, para que su movimiento se haga violento y fuertemente a fin de que entre en el cople, sin que se golpeen uno contra otro. Para diámetros mayores de 300 mm (12"), se puede utilizar el cucharón de la retroexcavadora ó grúa con capacidad suficiente.

Foto 2.10 Encampanado dentro de zanja



2.3.6 Instalación de tubería en los emisores

Hidráulicamente es recomendable que en las conexiones se nivelen las claves de los tubos por unir. De acuerdo a las especificaciones del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías haciendo coincidir las claves,

los ejes o las plantillas de los tramos de las tuberías de diámetro diferente; se recomienda que las conexiones a ejes y plantilla se utilicen solamente cuando sea indispensable, y las limitaciones para los diámetros más comunes se indican en la *Tabla siguiente*.

Tabla 2.5 Limitaciones de conexiones para diferentes diámetros de tubería

D	150	200	250	300	350	400	450	500	600	760	900
150	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C	C	C	C	C
200		PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C	C	C	C
250			PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	EC	C
300				PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C
350					PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	C
400						PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC
450							PEC	PEC	PEC	PEC	EC
500								PEC	PEC	PEC	EC
600									PEC	PEC	PEC
760										PEC	PEC
900											PEC

D = diámetro del tubo en mm; PEC = conexión a plantilla, eje o clave; EP = conexión a eje ó claves; C = Conexión a clave

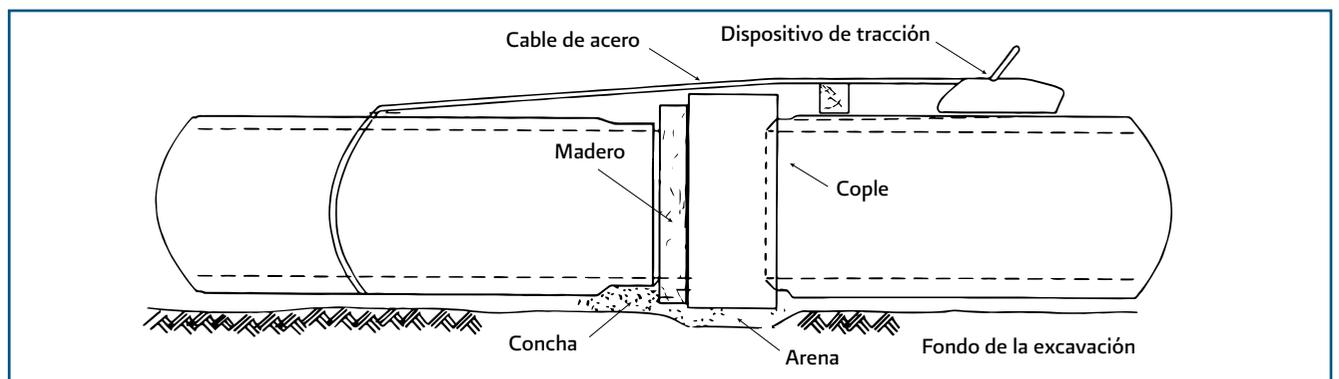
2.3.6.1 Conexión a pozos de visita

- a) Verificada la preparación de la plantilla y colocado el cople al primer tubo, se baja éste a la zanja haciendo el acoplamiento de su extremo sin cople a la estructura de descarga del vertido, a la estructura de recepción de las aguas residuales de la planta de tratamiento, o a la caja o base de pozo de visita especial. La unión del cople al primer tubo se

puede hacer en la zanja, bajando el tubo el cual se acopla en su extremo aguas abajo en la estructura que se tenga, indicadas en el inciso anterior; enseguida se baja el cople a la zanja y se emboquilla el tubo, auxiliándose con arena para su nivelación y con 2 barretas de acero.

- b) Se baja el segundo tubo, y entre éste y el cople del primer tubo, se colocan 2 maderos de dimensiones adecuadas (sección mínima de 10 cm x

Figura 2.9 Acoplamiento de tubos de 900 mm (36")



10 cm). Se opera el dispositivo de tracción hasta lograr el acoplamiento, preparando previamente las conchas para el estrobo y el cople; en seguida se verifica su posición con respecto al final de la parte maquinada (Figura 2.9).

- c) Se retiran los maderos, se lubrica el extremo del segundo tubo, se emboquilla al cople y por medio del equipo de tracción se logra la unión a dicho cople. Se verifica el alineamiento de los dos tubos instalados, la nivelación de la plantilla de la tubería y la pendiente.
- d) Para la instalación de los siguientes tubos se procede en la misma forma.

Para el acoplamiento de coples y tubos, se puede utilizar el cucharón de la retroexcavadora, utilizando maderos de sección adecuada, procurando que la operación de empuje sea lenta, hasta lograr tener la separación del cople de 10 mm con respecto al final del maquinado.

2.3.6.2 Instalación de tubería para colectores y atarjeas

Terminada la construcción del emisor, se continuará con el colector principal y las atarjeas que unan de aguas abajo hacia aguas arriba. A partir del pozo especial (principio del emisor) en el que descarga el colector, se pueden tener uno, dos o tres frentes de excavación e instalación de tubería, de acuerdo con la disposición de la red.

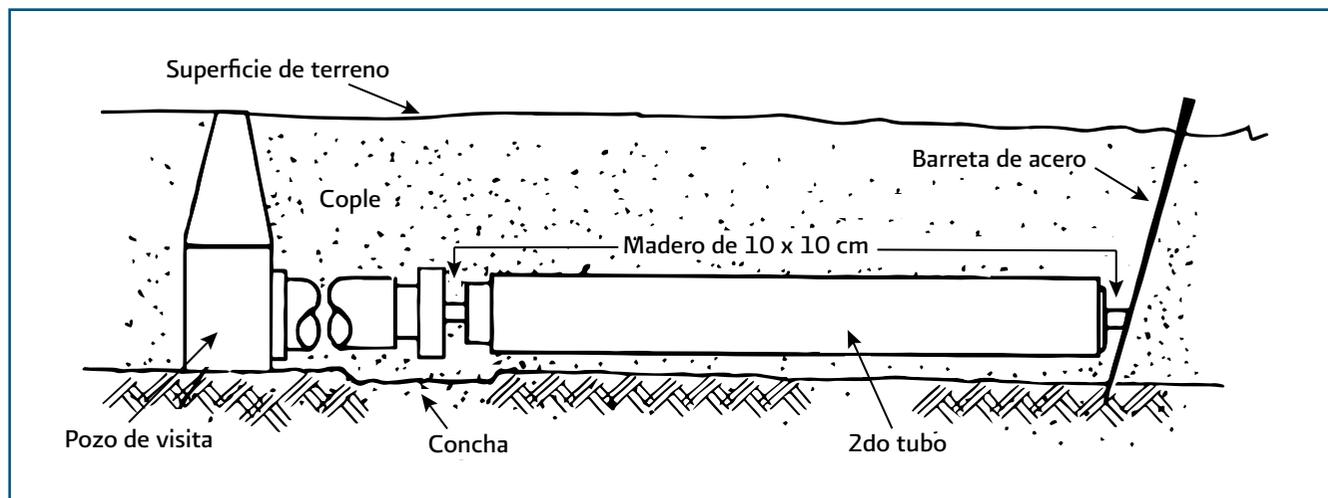
En el caso del colector (principal y subcolectores) los diámetros de las tuberías pueden variar generalmente de 350 mm (14") a 500 mm (20"), y los de las atarjeas pueden ser de 200 mm (8"), 250 mm (10") y 300 mm (12").

Para efectuar una instalación adecuada, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones, recordando que la colocación de los tubos se debe hacer de aguas abajo hacia aguas arriba.

2.3.6.3 Instalación de Tubos de 200 mm (8") a 300 mm (12")

- a) Si el tubo no ha sido encampanado previamente, baje el primer tubo y colóquelo sobre la plantilla, cuidando que quede apoyado en toda su longitud, y realice la concha para el cople bajo su extremo delantero.
- b) El primer tubo debe unirse al pozo de visita de acuerdo con las instrucciones del supervisor de la obra; se colocan los empaques dentro de las ranuras del cople, procurando que cada anillo quede bien ajustado contra la pared más próxima al centro del cople, lubricándose ligeramente.
- c) Baje el segundo tubo y apóyelo en la plantilla, debiendo quedar alineado y separado lo suficiente para que pueda enchufarse el cople entre ambos tubos.
- d) Limpie perfectamente el extremo maquinado del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante en el primer extremo maquinado (chaflán) del tubo, y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas; se recomienda que el lubricante sea el sugerido por el fabricante.

Figura 2.10 Instalación de tubos de 200 mm a 300 mm



- e) Coloque el cople entre ambos tubos, haciendo que el primero quede emboquillado en el empaque correspondiente. Después se mueve el segundo tubo hasta que quede emboquillado en el otro empaque.
- f) Coloque un bloque de madera entre el soporte y el primer tubo; enseguida usando una barreta de acero como palanca y a través de un bloque de madera, empuje el segundo tubo hasta hacer que ambos entren en el cople.
- g) Compruebe que la junta ha quedado bien instalada, verifique la posición correcta del anillo de hule con un escantillón de acero, como se indica en el inciso 2.3.4.3

2.3.6.4 Instalación de tubos de 350 mm (14") a 900 mm (36")

Para enchufar el cople, siga los pasos a), b) y c), indicados en la instalación de tuberías de 200 mm (8") a 300 mm (12").

Lubrique el extremo maquinado del primer tubo y emboquille el cople, enseguida instale el cople en el extremo maquinado del tubo, empleando en una cruceta de madera. Con una barreta de acero o con un gato, se empuja el cople con el segundo tubo hasta que enchufe con el primero.

Quite la cruceta de madera y compruebe la posición del anillo, haciendo girar el cople y usando el escantillón.

Foto 2.13 Colocación de cruceta de madera para enchufe de cople a tubo



2.3.7 Construcción de pozos de visita y de caída

Los pozos de visita son estructuras (accesorios de la red de alcantarillado) que se utilizan para permitir el acceso a las atarjeas, colectores y emisores, a fin de efectuar su inspección, limpieza y ventilación. Atendiendo al diámetro interior de su base, se clasifican en comunes y especiales.

Los pozos de visita serán construidos en los sitios que se indican en el proyecto, de acuerdo con los planos, líneas y niveles que se señalen, debiendo localizarse en cruceros de calles, cambios de dirección, pendiente y diámetros, así como en conexiones especiales. Todo tramo de emisor, colector o atarjea que se instale, deberá tener terminados sus respectivos pozos extremos.

Los pozos de visita podrán ser de mampostería o prefabricados.

2.3.7.1 Recomendaciones para la instalación de pozos de visita

- a) Terminada la excavación del pozo a la profundidad adecuada según proyecto, se compacta el piso y se nivela.
- b) Fuera de la zanja se prepara la base o cimentación del pozo, de concreto armado, del tamaño adecuado al diámetro exterior del pozo. Ya fraguada la base se baja con el equipo de excavación y se nivela.
- c) Se baja el pozo asegurándolo a la base con varillas que sobresalgan de esta en sus eje, comprobando que se tenga la plantilla de proyecto en el cople del pozo.
- d) Logrado lo anterior, se baja el primer tubo para su acoplamiento al pozo, tal como se indico en el inciso de instalación de tubos.
- e) Para instalar el pozo del extremo de aguas arriba del tramo de tubería ya instalado, se procede como lo indicado en los puntos (a), (b) y (c) anteriores. A continuación se baja el segundo pozo y se acopla al tubo.
- f) Para la instalación de los siguientes pozos, se procede en la misma forma.

2.3.8 Alineación, nivelación y relleno inicial de zanja

Cuando se ha instalado al menos 75% de la tubería entre dos pozos extremos, se efectuarán las siguientes etapas de construcción:

2.3.8.1 Alineación

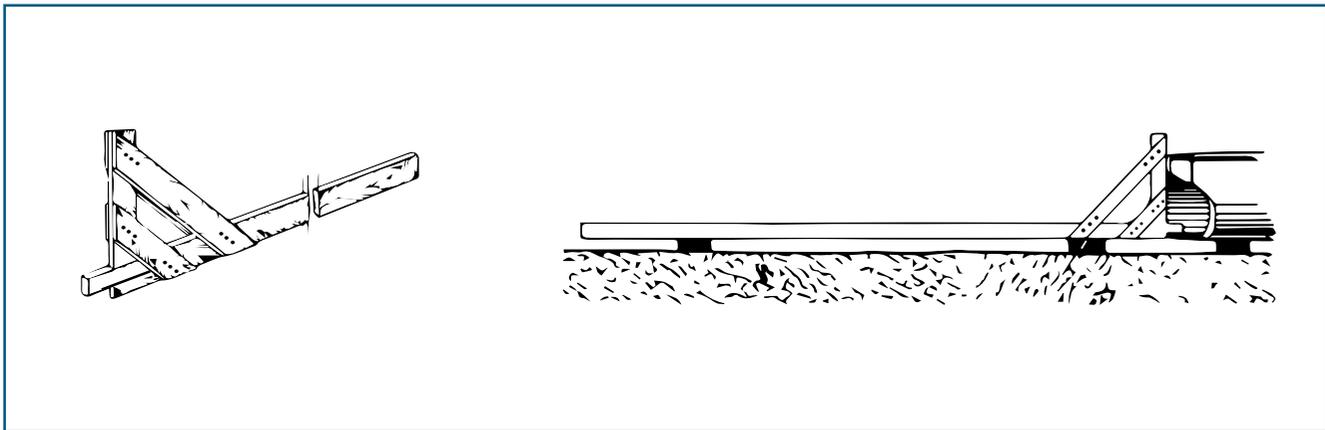
Cuando sea posible, se hace moviendo los coples a uno y otro lado hasta que queden en línea recta, o bien se emplea un láser de canalización.

2.3.8.2 Nivelación

Terminado el alineamiento se procede a la nivelación de la tubería a ojo, levantando o bajando los tubos para obtener una pendiente uniforme, que se logra agregando o quitando tierra de la plantilla bajo los tubos, pero cuidando que en ningún punto de la tubería el colchón de tierra que la cubrirá sea menor al indicado en la *Tabla 2.1*.

Se verificará además que el conducto quede apoyado en toda su longitud para evitar flexiones. Para el correcto diseño del acostillamiento y relleno de la zanja se debe consultar en cada caso las especificaciones del proyecto y las recomendaciones del fabricante.

Figura 2.11. Dispositivos para nivelación de plantilla de la tubería y la pendiente



2.3.9 Encamado y acostillado

Inmediatamente después de la colocación, se debe proceder al relleno acostillado hasta los costados del tubo.

El relleno deberá efectuarse en dos etapas, comenzando con el “encamado” y acostillado, que consiste en proporcionar apoyo adecuado y continuo bajo el tubo, hasta alcanzar el diámetro horizontal. Deberá usarse material seleccionado libre de piedras.

2.3.9.1 Procedimiento

Primer paso

- Coloque una capa de material seleccionado (cama) de acuerdo al diámetro del tubo (véase *Tabla 2.1*).
- Introduzca y compacte bajo el tubo la tierra seleccionada, acostillando debidamente con pisones especiales curvos o con pala, de manera que la tubería se apoye en su cuadrante inferior en toda su longitud.

- Cuando el tubo esté firmemente encamado, use el pisón plano a ambos lados.

Segundo paso

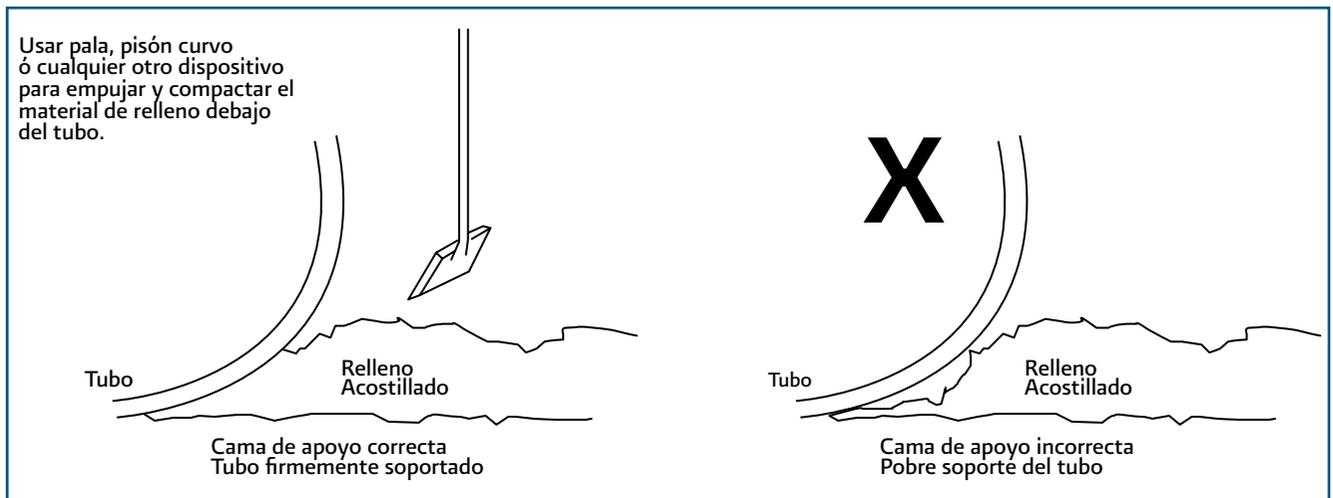
Es importante proporcionar soporte lateral, por medio de la compactación del relleno entre el tubo y las paredes de la zanja. Con la finalidad de inspeccionar las juntas durante la prueba, se dejarán descubiertos los coples; a esta operación se le llama formar “centros” y es obligado hacerla siempre, sobre todo para evitar la flotación de los tubos en caso de inundarse la zanja.

Continúe el relleno en capas de 300mm (12”) compactando con el pisón plano (evite golpear los tubos), hasta la mitad del tubo. El relleno inicial que va directamente sobre el tubo debe ser compactado manualmente donde sea necesario.

La compactación mecánica del relleno principal directamente sobre el tubo no debe comenzar hasta que la profundidad del relleno sea de al menos 30 cm, por encima del lomo del tubo. Este relleno es semejante al relleno acostillado, pudiendo ser menor en su exigencia en lo que concierne a la calidad del material y su compactación final. No se permite usar equipos de vibración para operar directamente sobre el tubo.

Prosiga en capas iguales de 30 cm de espesor arriba del lomo de los tubos, a partir de donde, puede rellenarse a volteo en caso de líneas sin tráfico; para líneas de alcantarillado en zonas urbanas, es recomendable continuar compactando hasta el nivel del terreno natural. El material de relleno se debe compactar de 90% a 95% de la prueba Próctor.

Figura 2.12 Esquema del acostillado de tubos

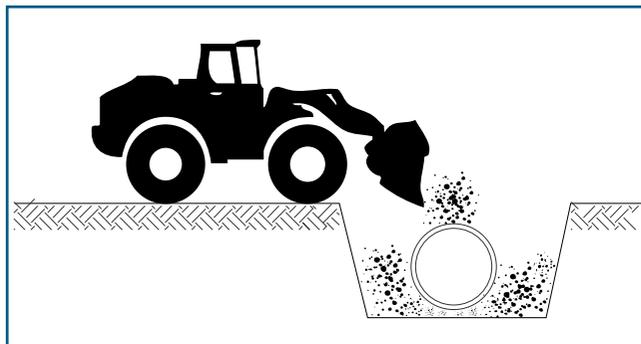


Proceso incorrecto

El material de relleno no debe ser empujado a la zanja o lanzado directamente sobre el tubo. Se debe colocar de modo que no desplace ni dañe al tubo instalado.

Figuras 2.14 Proceso de relleno inicial de la zanja

Figuras 2.13 Proceso de relleno inicial de la zanja



Proceso correcto

El material de relleno adecuado se coloca con cuidado, a lo largo del tubo y se acostilla compactadamente. El material se aportará con capas sucesivas a los lados del tubo y unos 30 cm por encima del lomo del tubo.

Foto 2.14 Formación de "centros"



2.4 Inspección

2.4.1 Prueba hidrostática en campo

Tan pronto se tenga un tramo instalado con sus pozos de visita extremos, el relleno bien hecho correspondiente a los “centros” en cada tubo, verificando que estén descubiertos todos los coples, se procede a efectuar la prueba de presión hidrostática para comprobar que el junteo (acoplamiento) se ejecutó en forma correcta en condiciones de hermeticidad, es decir, sin fugas, y que cumple con la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-Conagua** vigente, “Sistema de Agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario- Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba”.

2.4.2 Relleno final

Verificada la prueba de presión hidrostática en forma correcta para cada tramo de alcantarilla, y aprobada por el supervisor de la obra, se procede al relleno final cubriendo los sitios de los coples con relleno apisonado por capas, como se indicó para el relleno inicial, con tierra libre de piedras, terrones y materia orgánica colocada abajo, a los lados y por encima de ellos, hasta 60 cm sobre el nivel del lomo de la tubería, coincidiendo con el nivel de los centros. A continuación, se termina el relleno de la zanja como sigue:

- a) Para emisores fuera de la zona urbana, el relleno se hace a volteo con material producto de la excavación, apisonándolo ligeramente por capas sucesivas de 20 cm, dejando sobre la zanja un montículo de material con altura de 15 cm respecto al nivel del terreno.

- b) Para redes de atarjeas y colectores, el relleno será apisonado en forma tal que cumpla con las especificaciones de la técnica Proctor de compactación. El supervisor de la obra especificará el espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, procedimiento, etc.

Proceso incorrecto

No se debe trabajar con maquinaria pesada sobre el tubo hasta que el relleno esté adecuadamente colocado

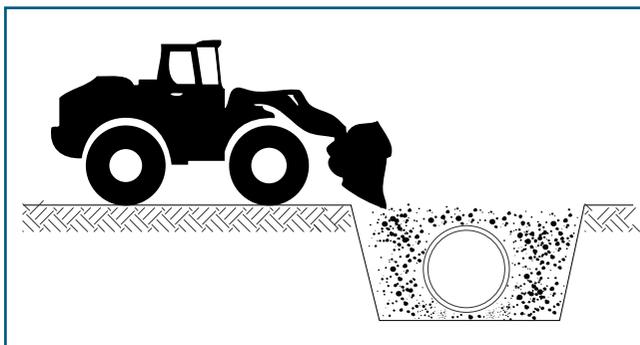
Figura 2.15 Proceso de relleno final de la zanja



Proceso correcto

Utilizar material de relleno que sea compactable y no debe contener grandes piedras, guijarros, terrones y otros materiales desaconsejables. El relleno debe ser colocado y compactado en capas según las especificaciones.

Figura 2.16 Proceso de relleno final de la zanja



Sección 3 Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio

3.1 Recepción y descarga

3.1.1 Descarga y manipulación de tubos

Es imprescindible controlar la manipulación del material durante el proceso de descarga. El uso de cuerdas de guía atadas a los tubos o a los embalajes de los mismos facilita el control manual de los tubos durante las maniobras de izado y posterior manipulación. En caso de que se necesiten varios puntos de apoyo se pueden utilizar barras separadoras. Evite que los tubos se golpeen, se caigan o sufran impactos especialmente en los extremos.

Tubos sueltos

Los tubos sueltos se pueden izar usando flejes flexibles, eslingas o cuerdas. En ningún caso se han de usar cables de acero o cadenas para levantarlos o transportarlos. Los tubos se pueden izar utilizando un solo punto de sujeción (ver *Figura 3.1*). Si bien el uso de dos puntos de sujeción situados de acuerdo con la *Figura 3.2* es el método elegido por razones de seguridad para facilitar el control de los tubos, no se deben izar los tubos mediante ganchos colocados en los extremos ni pasando una cuerda, cadena o cable por el interior de los mismos de extremo a extremo.

Figura 3.1 Izado con un solo punto de sujeción

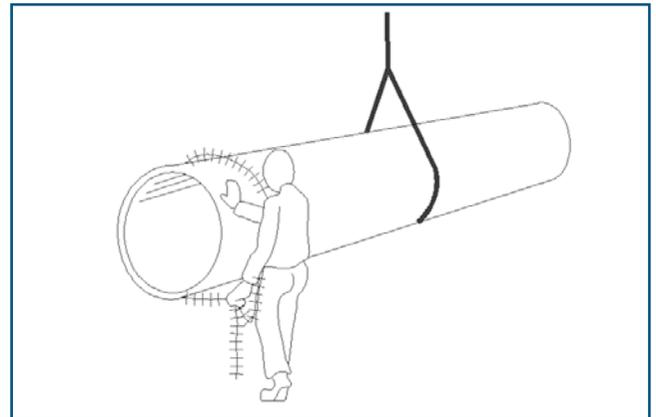
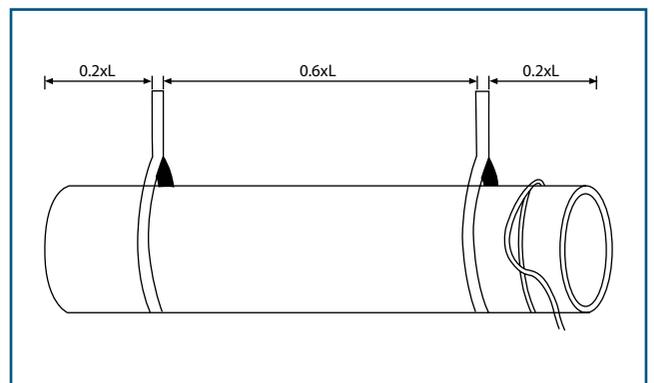


Figura 3.2 Izado con dos puntos de sujeción



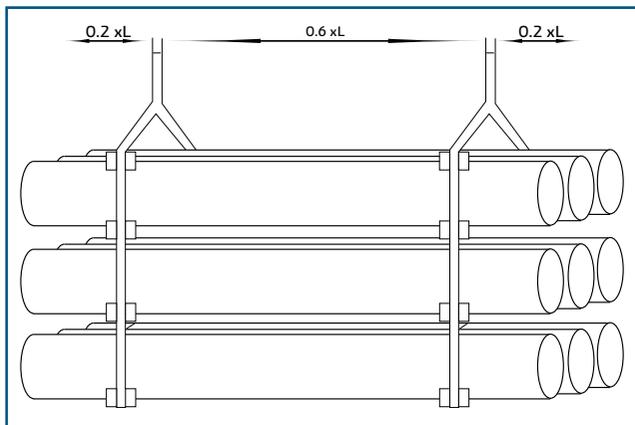
Cargas Unificadas

Las cargas unificadas deben manipularse utilizando un par de eslingas tal como lo muestra la *Figura 3.3*.

No se debe izar distintos grupos de tubos embalados como carga no unificada como si se tratara de un solo grupo. Los tubos que se embalen como carga no unificada deben ser descargados y manipulados en forma separada (uno por vez).

Si los tubos sufren incisiones, rotura o fracturas durante las fases de manipulación o instalación, deberán ser reparados antes de su instalación. En este caso, póngase en contacto con el proveedor para que inspeccione los daños y recomiende el modo de proceder en la reparación de los mismos o para desechar los tubos dañados.

Figura 3.3 Izado de una carga unificada



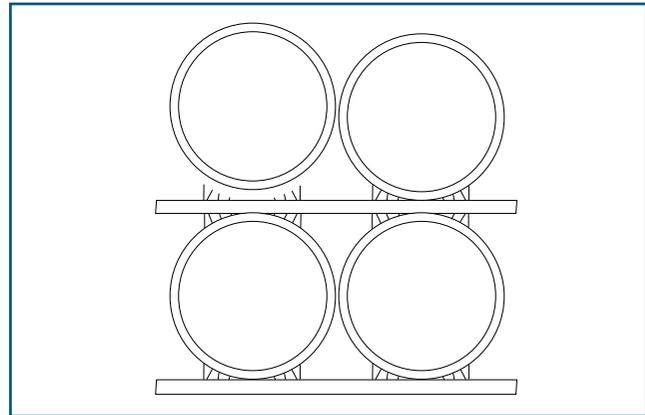
3.1.2 Almacenaje de tubos en obra

Como regla general, se recomienda almacenar los tubos sobre maderas planas que faciliten la colocación y posterior retiro de las fajas teladas de alrededor del tubo.

Cuando los tubos se depositen directamente sobre el suelo, se deberá inspeccionar la zona para asegurarse que ésta es relativamente plana y que está exenta de piedras y otros escombros que puedan dañar el tubo. Otro modo eficaz de almacenar los tubos en obra consiste en colocarlos sobre montículos de material de relleno. Los tubos también deberán ser calzados para evitar que puedan rodar con vientos fuertes.

En el caso de que sea necesario apilar los tubos, se recomienda hacerlo sobre soportes planos de madera (de 75 mm de ancho como mínimo) ubicados a cada cuarto y con cuñas (*Ver Figura 3.4*).

Figura 3.4 Almacenaje de tubería



3.1.3 Almacenaje de empaques de caucho y lubricantes

Cuando los empaques de caucho y los coples se reciban por separado, los empaques deberán almacenarse en su embalaje original en una zona resguardada de la luz y no deberán ser expuestos a la luz del sol excepto durante la operación de montaje de la tubería. Los empaques de caucho también deberán estar protegidos del contacto con grasas y aceites derivados del petróleo, solventes y otras sustancias perjudiciales.

El lubricante de los empaques de caucho deberá almacenarse de forma tal que se evite ocasionarles daños. Los envases a medio usar deberán cerrarse y sellarse de nuevo para evitar cualquier posible contaminación del lubricante. Si las temperaturas durante la instalación son inferiores a 5° C, los empaques de caucho y lubricantes deben mantenerse en resguardo hasta su uso.

3.1.4 Transporte de tubos

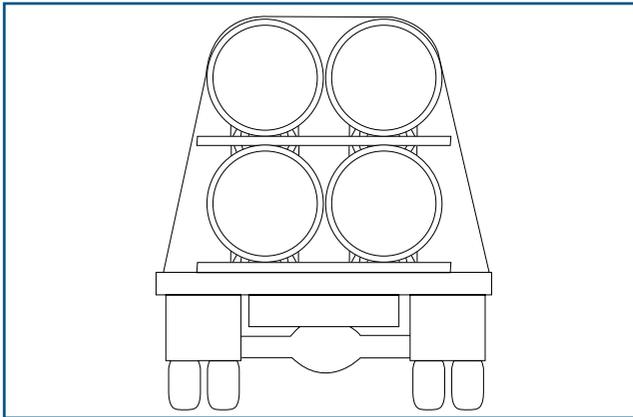
Apoye completamente los tubos sobre maderas planas distanciadas como máximo 4 metros entre sí y con una saliente de 2 metros como máximo. También se deben fijar los tubos para que permanezcan estables y separados. Evite que se produzcan abrasiones entre los mismos.

La altura máxima de apilado recomendado es de 2.5 metros aproximadamente. Se deben atar los tubos al vehículo sobre los puntos de sujeción utilizando flejes flexibles o sogas (*Ver Figura 3.5*).

Nunca utilice cables de acero o cadenas sin colocar una adecuada protección al tubo para impedir la abrasión.

El transporte de los tubos contrario a estas especificaciones puede resultar en daños para los mismos.

Figura 3.5 Transporte de tubos



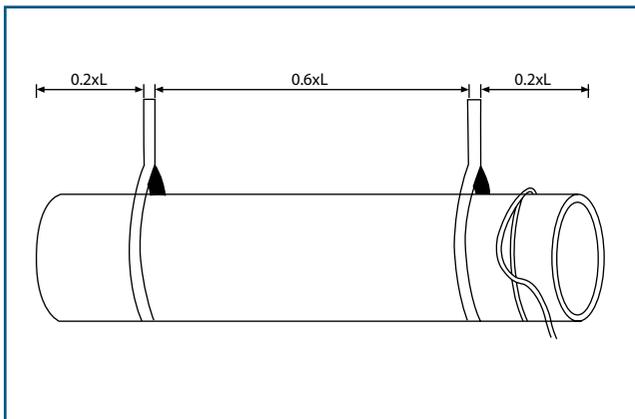
3.1.5 Manipulación de tubos anidados

Los tubos podrán colocarse en forma anidada (tubos de menor diámetro dentro de los de mayor diámetro). Estos tubos, por lo general, requieren de un embalaje especial y requerirán procedimientos especiales de descarga, manipulación, almacenaje y transporte. En caso que fuera necesario adoptar medidas especiales, las mismas las llevará a cabo el proveedor antes del envío.

El conjunto de tubos anidados debe levantarse utilizando dos flejes flexibles como mínimo (Ver Figura 3.6).

De existir limitaciones referentes a la distancia entre los flejes y los puntos de izado se especificarán para cada proyecto. Se debe asegurar que las eslingas para izar los tubos tengan capacidad suficiente para soportar el peso de los mismos.

Figura 3.6 Doble punto de sujeción para tubos anidados (soga de control)



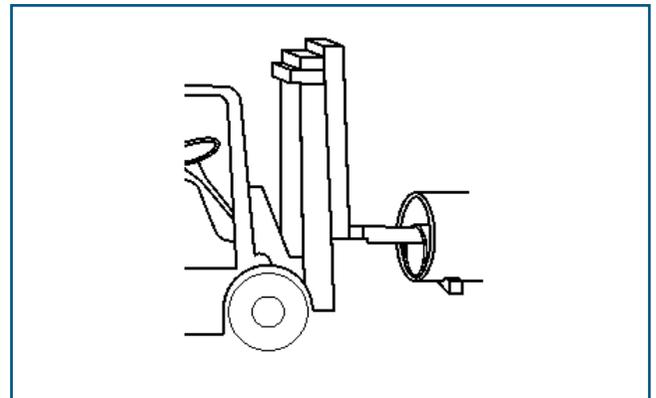
En cualquier caso, se deben tener en cuenta los siguientes procedimientos generales:

- La mejor forma de almacenar los tubos anidados es manteniéndolos en el embalaje utilizado para el transporte. A menos que se especifique lo contrario, no es recomendable apilar estos lotes embalados.
- Los lotes de tubos anidados solo pueden ser transportados con seguridad utilizando el embalaje original. En caso que existan requisitos especiales para el apoyo, la configuración y/o el amarre en el vehículo, será especificado para cada proyecto por separado.
- Es preferible desembalar y separar los tubos interiores en una estación preparada para tal fin.

Los tubos almacenados en el interior de otros, deben desembalarse comenzando por el más pequeño, pueden ser extraídos levantándolos levemente con un brazo de izado convenientemente protegido que permita mantener el tubo suspendido, retirándolo sin que dañe a los otros tubos (Figura 3.7).

Cuando las limitaciones de peso, longitud y/o equipo impidan utilizar este método de desembalaje y separación, se recomendarán los procedimientos adecuados para cada proyecto.

Figura 3.7 Desembalaje de tubería anidada con ayuda de un montacargas utilizando un brazo con protección



3.1.6 Reparación de los tubos

Por lo general, los tubos que presenten daños menores pueden ser reparados en obra por personal calificado. Si existe alguna duda sobre el estado de un tubo, éste no debe ser utilizado en la instalación.

El servicio de asistencia técnica en obra puede ayudarle a determinar si un tubo necesita algún tipo de reparación y si es posible y práctico realizarla. Las tareas de reparación pueden ser muy diferentes debido al espesor del tubo, la composición de la pared, la aplicación para la cual será utilizado y el tipo y cantidad de daño encontrado. Por lo tanto, no intente reparar el tubo dañado sin consultar a su proveedor. Las reparaciones deben ser realizadas por un técnico capacitado para ello. Es muy probable que los tubos que no hayan sido reparados correctamente no funcionen según lo previsto.

3.2 Preparación del terreno

3.2.1 Sistema suelo-tubería

La versatilidad del comportamiento del suelo, junto con la resistencia y la flexibilidad de las tuberías PRFV, ofrece un potencial de características únicas para la interacción suelo-estructura, lo que posibilita un rendimiento óptimo del sistema. El refuerzo de fibra de vidrio se coloca en los lugares adecuados del tubo para otorgarle flexibilidad y resistencia, mientras que la geometría de la zanja, junto con la selección, ubicación y compactación del relleno aseguran la integridad del sistema.

A grandes rasgos, existen dos grupos de cargas que actúan sobre una tubería:

- a) Cargas externas provocadas por sobrecarga, tráfico y cargas de superficie, que ocasionan tensiones de flexión o curvatura en la pared del tubo.
- b) Presión interna que crea tensión circunferencial y un empuje no balanceado que derivan en tensiones axiales.

La flexibilidad de los tubos PRFV junto con el comportamiento estructural natural de los suelos proporciona una combinación ideal para transferir las cargas verticales. A diferencia de los tubos rígidos, que se quiebran bajo una excesiva carga vertical, la flexibilidad del tubo combinada con su resistencia, le permite flexionarse, para redistribuir la carga al suelo circundante. La deflexión del tubo sirve como indicador de las tensiones que se generan en el tubo y la calidad de la instalación.

El refuerzo continuo de fibra de vidrio aplicado circunferencialmente en la pared del tubo se utiliza para resistir la tensión circunferencial. La cantidad de refuerzo es determinada por el nivel de presión y determina la clase de presión del tubo.

Por lo general, la resistencia al empuje no balanceado se soluciona en forma económica mediante el uso de bloques de anclaje que transfieren la presión por apoyo directo en suelo nativo. Por ello, la tubería PRFV estándar no transfiere la presión axial y la cantidad de refuerzo en la pared del tubo en dirección axial se limita a los efectos secundarios. Como consecuencia, las juntas no necesitan transferir la carga axial, pero a la vez permiten el movimiento del tubo dentro de la junta debido al efecto de Poisson y a la temperatura.

En algunos casos los bloques de anclaje no son recomendados por su peso, la falta de espacio u otras razones. En esos casos, se coloca suficiente refuerzo en la pared del tubo en dirección axial para soportar el empuje en esa dirección. Para estos sistemas se han diseñado juntas de restricción para cargar con el empuje axial y el mismo se transfiere al suelo circundante a través del apoyo directo y la fricción.

3.2.2 Zanja estándar

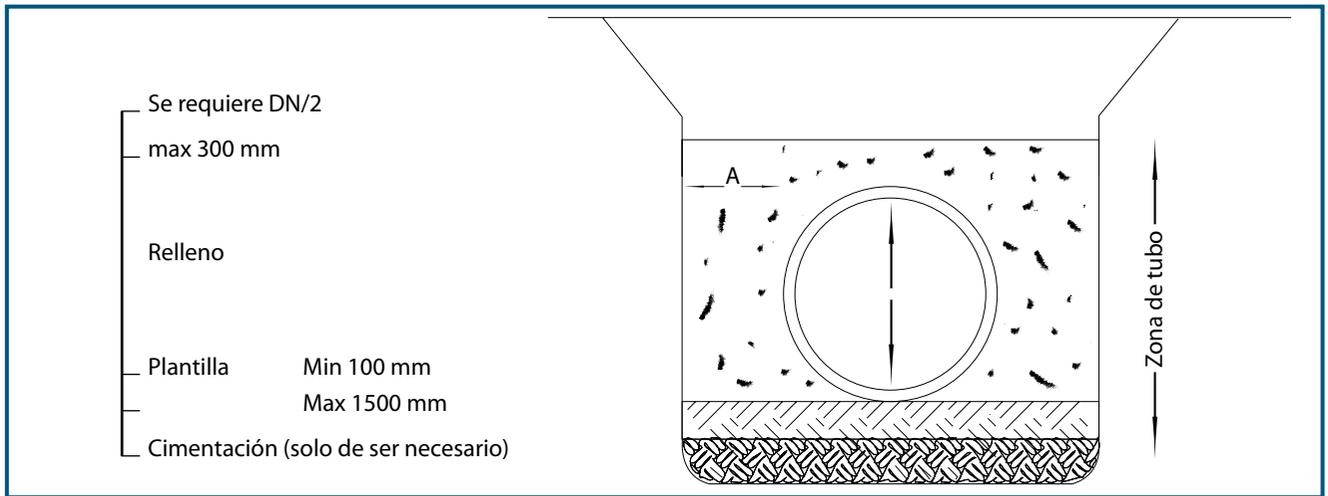
La *Figura 3.8* muestra las dimensiones normales de una zanja. La dimensión "A" siempre debe ser lo suficientemente ancha como para permitir un espacio apropiado que asegure el correcto posicionamiento y compactación del relleno en el riñón del tubo.

La dimensión "A" debe ser lo suficientemente ancha como para operar el equipo de compactación sin dañar los tubos. La dimensión "A" normal es de 0.4 DN.

Para tubos de dimensiones mayores se puede utilizar un menor valor de "A", dependiendo del suelo nativo, el material de relleno y las técnicas de compactación.

Como ejemplo, para los grupos de suelos nativos 1, 2 y 3 y los materiales de relleno SC1 y SC2 que requieren un esfuerzo de compactación limitado, se puede considerar el uso de una zanja más pequeña.

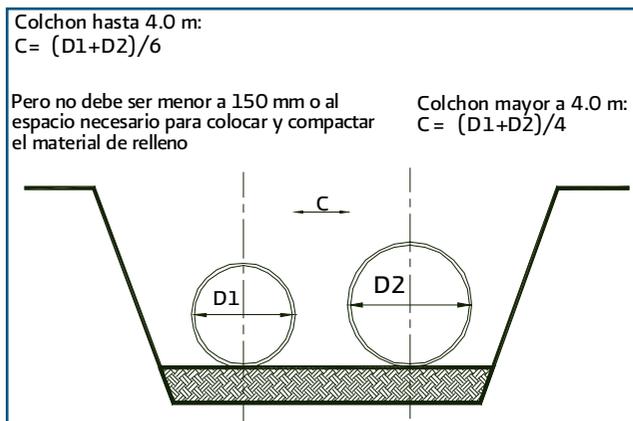
Figura 3.8 Nomenclatura de relleno de tubería



3.2.3 Zanja con tubos múltiples

Cuando se instalen dos o más tubos paralelamente en la misma zanja, la distancia de separación entre ellos deber ser la que se indica en la *Figura 3.9*. Así mismo, la distancia entre los tubos y la pared de la zanja debe ser la que se indica en la *Figura 3.8*, que anteriormente hemos revisado.

Figura 3.9 Espacio entre tubos de una misma zanja



Es aconsejable que cuando se coloquen tubos de distintos diámetros en una misma zanja, éstos se sitúen al mismo nivel de elevación para la línea de invertido.

Cuando esto no sea posible, se debe utilizar material de relleno del tipo SC1 o SC2 para rellenar el espacio entre el fondo de la zanja y el invertido de tubo que se encuentra más elevado.

Se debe lograr un nivel de compactación adecuado (mínimo 90% Proctor).

3.2.4 Cruzamiento de tubos

Cuando dos tubos se cruzan, de modo que uno pase sobre el otro, la distancia vertical entre los tubos y la instalación del tubo inferior debe ser la que indica la *Figura 3.10*.

En algunos casos, puede ser necesario instalar un tubo bajo una tubería ya existente. En estos casos se deben tomar precauciones adicionales para no dañar la tubería ya existente. La misma puede protegerse fijándola a una viga de acero que cruce la zanja. También se recomienda forrar el tubo para protegerlo del impacto o contra posibles daños.

Cuando se coloque un nuevo tubo, un material de relleno tipo SC1 o SC2 se debe depositar en la zanja y se debe compactar hasta un mínimo del 90% Proctor en forma total alrededor de ambos tubos más unos 300mm por sobre la clave del tubo superior.

Este relleno se debe extender hasta por lo menos el doble del diámetro en cada zanja, (*Ver Figura 3.11*).

Figura 3.10 Cruce de tubos

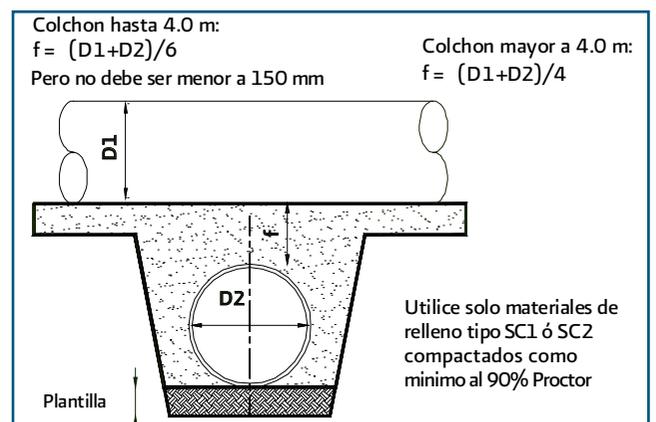
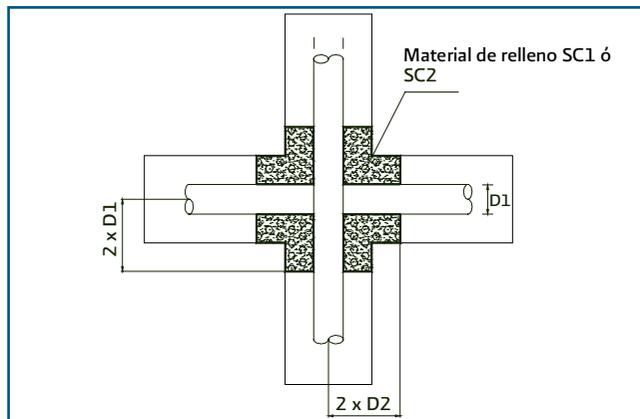


Figura 3.11 Vista superior del relleno en los cruces de tubos



3.2.5 Zanja con Fondo inestable

Se considera que el fondo de una zanja es inestable cuando consta de suelos blandos, sueltos o altamente expansivos. Cuando el fondo de la zanja sea inestable se deberá estabilizar antes de colocar el tubo o se deberá construir una cimentación para minimizar los asentamientos diferenciales del fondo de la zanja. Para las capas de cimentación se recomienda utilizar una grava arenosa bien gradada o piedra triturada.

La profundidad del material grava arenosa o la piedra triturada utilizada para la cimentación depende de la severidad de las condiciones del suelo, particularmente del fondo de la zanja. Cuando se use piedra triturada, utilice un geotextil para rodear completamente la cimentación y evitar así que los materiales de la cimentación y la plantilla se mezclen (migración), lo que podría causar una pérdida de apoyo del fondo de la zanja. El geotextil no es necesario si se utiliza el mismo material para la cimentación y la plantilla, o si se utiliza grava arenosa para la cimentación. Finalmente se recomienda que la máxima longitud de tubería entre cople y cople debe ser de hasta 6 m cuando se tengan condiciones de inestabilidad en la zanja.

3.2.6 Zanja inundada

Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de zanja, éste debe ser abatido como mínimo hasta el fondo y preferiblemente 200mm por debajo del fondo de la zanja antes de colocar la plantilla. Se pueden utilizar distintos procedimientos para lograr este propósito, dependiendo

de las características del suelo nativo. En caso de suelos arenosos o limosos, se recomienda utilizar un sistema de bombeo denominado Well Point (puntas coladoras) que consisten en un sistema de bombas conectadas a una tubería principal y a una bomba de vacío. La distancia entre los puntos de aspiración individuales y la profundidad a la cual deben instalarse dependerá del nivel freático y la permeabilidad del suelo. Es importante utilizar un filtro alrededor del punto de succión (arena gruesa o grava) para evitar el taponamiento de los puntos de succión a causa de los granulos finos del material nativo.

Cuando el material nativo sea arcilla o roca, este sistema no podrá utilizarse, ya que es más difícil de drenar el agua. En estos casos se recomienda el uso de bombas y carcamos provisionales para abatir el nivel freático.

Si no es posible mantener el nivel del agua por debajo de la plantilla, se deben colocar subdrenajes. Dichos subdrenajes deben contener un agregado de una medida única (20-25mm) completamente revestidos con geotextil. La profundidad del subdrenaje bajo la plantilla dependerá de la cantidad de agua de la zanja. Si las aguas freáticas no se pueden mantener por debajo de la plantilla, se debe utilizar un geotextil alrededor de la plantilla y de ser necesario se deberá considerar el confinamiento con geotextil para la zona del tubo y de esta manera evitar que se contamine con el material nativo. La grava o la piedra triturada se debe utilizar para plantilla y el relleno de la zona de tubería.

Para las tareas de drenaje, se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Evite bombear el agua por largas distancias a través de los materiales de relleno o los suelos nativos, ya que podría causar una pérdida de apoyo a los tubos instalados previamente, por el movimiento de materiales o la migración del suelo.
- b) No desconecte el sistema de drenaje hasta que se haya alcanzado la profundidad suficiente de la cobertura para prevenir la flotación del tubo.

3.2.7 Uso de apuntalamiento de zanja

Se debe tener cuidado de lograr el correcto soporte entre el suelo nativo y el relleno de la tubería cuando se quita el sistema de entibado; su remoción en forma gradual y la compactación del relleno de la zona del tubo directamente contra la pared de la zanja proporciona el

mejor soporte para el tubo y llena los espacios vacíos que tienen lugar frecuentemente detrás de éste. Si el entibado se quita luego de que se coloca el relleno en la zona del tubo, el relleno pierde apoyo, lo que reduce el soporte del tubo, especialmente cuando existen vacíos detrás de las hojas. Para minimizar la pérdida de soporte, debe ser removido mediante vibración.

Asegúrese de que no existen vacíos o carencia de relleno entre el exterior del entibado y el suelo nativo hasta al menos 1 m por sobre la clave del tubo. Use sólo los rellenos tipo SC1 y SC2 entre el entibado temporal y los suelos nativos, compactados como mínimo al 90% proctor.

En caso de entibados (tablestacados) permanentes, use un entibado de longitud adecuada para distribuir correctamente las cargas laterales de los tubos, al menos 300mm por sobre la clave del tubo. La calidad del entibado permanente deber ser tal que dure por toda la vida útil del tubo.

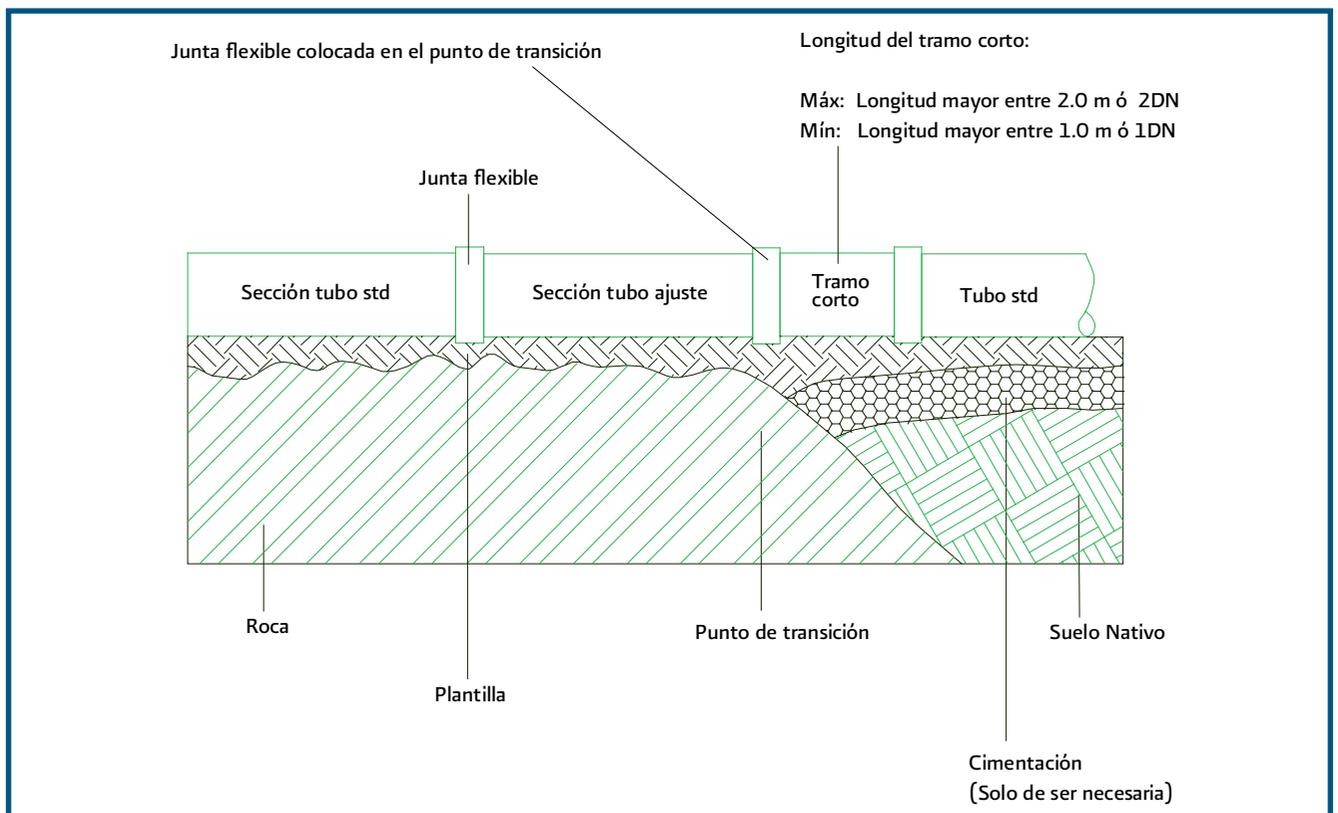
Los procedimientos de relleno son los mismos que para las instalaciones estándar. Se asume que el entibado permanente se comporta como un suelo nativo grupo 1.

3.2.8 Construcción de la zanja en roca

Las dimensiones mínimas para la instalación de tubos en una zanja rocosa se indican en el punto 3.3.2. Donde finaliza la roca y el tubo pasa a una zanja en suelo (o viceversa) se deben utilizar juntas flexibles (tramo corto) como se muestra en la *Figura 3.12*.

Como alternativa, puede utilizar un relleno de estabilizado con cemento para la cimentación y la plantilla de un tubo que soporta la transición de roca a suelo para evitar la necesidad de utilizar juntas flexibles. La construcción de la zanja debe realizarse de acuerdo con el método aplicable para las características del suelo nativo.

Figura 3.12 Método de construcción de zanja y sistema de colocación del suelo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos de plantilla



3.2.10 Plantilla de la tubería

La plantilla de la tubería debe estar ubicada sobre un fondo de zanja firme y estable de modo que proporcione un adecuado apoyo. La plantilla terminada debe proporcionar un apoyo firme, estable y uniforme al cuerpo del tubo y a cualquier saliente de los coples.

Se debe proporcionar una plantilla de 100 a 150mm por debajo del tubo y de 75 mm por debajo del cople. En caso de que el fondo de zanja sea inestable o blando, se deberá colocar una cimentación adicional para lograr el apoyo firme que la plantilla necesita. Como se indica en el punto 3.2.5.

Puede suceder que haya que importar el material de la plantilla para lograr la gradación adecuada y el apoyo

necesario. Los materiales recomendados para la plantilla son SC1 y SC2. Para determinar si el material nativo es el adecuado para la construcción de plantilla, éste debe satisfacer todos los requisitos estructurales para la zona del tubo. El control del material de relleno debe extenderse a lo largo de todo el proceso de instalación debido a que las condiciones del suelo nativo pueden variar y cambiar inesperadamente a lo largo del tramo de la tubería.

La plantilla debe estar sobre excavada en cada unión para asegurar que el tubo tenga un apoyo continuo y no descansa en los coples. El área del cople deberá contar con el apoyo apropiado y ser rellenado luego de completarse el montaje. Ver Figura 3.13 y 3.14, donde se muestra el apoyo correcto e incorrecto sobre la plantilla.

Figura 3.13 Apoyo correcto sobre plantilla

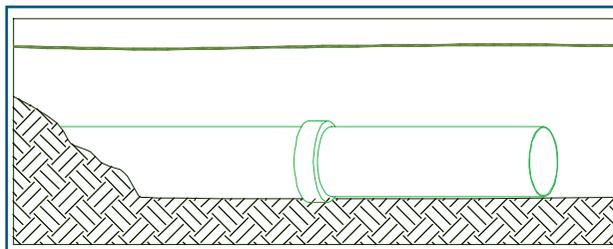
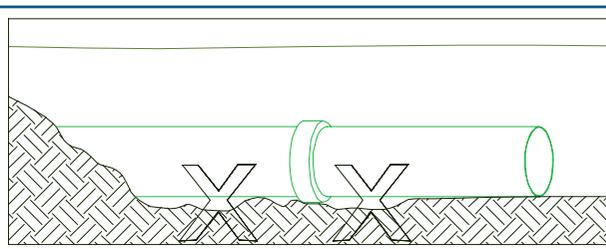


Figura 3.14 Apoyo incorrecto sobre plantilla



3.2.11 Materiales de relleno

La Tabla 3.1 agrupa los materiales de relleno en diferentes categorías. SC1 y SC2 son los suelos de relleno más fáciles de usar y precisan menos esfuerzo de compactación para lograr un cierto nivel de compactación relativa.

Independientemente de estas categorías y sin importar si el suelo de relleno es importado o no, se aplicarán las siguientes restricciones:

- Para el tamaño máximo de las partículas y piedras, se deben respetar los límites establecidos en la Tabla 3.2.
- Los terrones no deberán ser de un tamaño mayor al doble del máximo tamaño de las partículas.
- No se debe utilizar material congelado.
- No se debe utilizar material orgánico.
- No se debe utilizar escombros (neumáticos, botellas, metales, etc.)

El tamaño máximo de las partículas en la zona del tubo (hasta 300 mm sobre la clave del tubo) será el siguiente:

El relleno sobre el tubo puede consistir en material excavado con un tamaño máximo de partículas siempre y cuando la cobertura sobre la tubería sea de 300 mm.

Las piedras mayores a 200 mm no deben ser arrojadas sobre la capa de 300mm que cubre la clave del tubo desde una altura mayor a 2 metros.

Tabla 3.1 Materiales de relleno

Grupos de suelos de relleno	Descripción de los suelos de relleno
SC1	Piedras Trituradas con <15% de arena, un máximo de 25% que pase por el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de material fino
SC2	Suelos limpios de grano grueso con <12% de material fino
SC3	Suelos de grano grueso con 12% de material fino o más. Suelos arenosos o de grano fino con menos de 70% de material fino
SC4	Suelos de grano fino con más de 70% de material fino

Tabla 3.2 Tamaño Máximo de las partículas

Diámetro nominal	Tamaño máximo (mm)
≤ 450	13
500 - 600	19
700 - 900	25
1000 - 1200	32
≥ 1300	40

3.3 Instalación

3.3.1 Procedimiento para la instalación de la tubería

El tipo de procedimiento de instalación apropiado para los tubos PRFV varía de acuerdo a la rigidez del tubo, la profundidad de la cobertura, el ancho de la zanja, las características de los suelos nativos, las sobrecargas y los materiales de relleno. El material nativo debe confinar adecuadamente el relleno de la zona del tubo para alcanzar el soporte adecuado. Las siguientes indicaciones sobre instalación procuran asistir al constructor para lograr un adecuado acoplamiento entre los tubos.

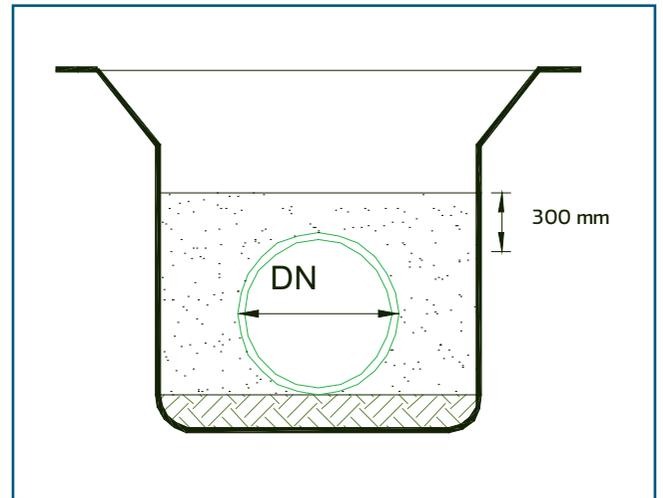
3.3.2 Tipos de instalación

Se recomiendan dos configuraciones estándar de relleno (Figuras 3.15 y 3.16). La selección del tipo depende de las características del suelo nativo, los materiales de relleno, la profundidad a la que debe enterrarse el tubo, las condiciones de sobrecarga, la rigidez del tubo y las condiciones bajo las cuales operará. El Tipo 2, llamada configuración "partida", se utiliza generalmente para aplicaciones de baja presión ($PN < 10 \text{ kg/cm}^2$), carga por tráfico liviana y en casos de presión negativa limitada (vacío).

Instalación Tipo 1

- Construya la plantilla del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 3.2.10.
- Rellene la zona de la tubería (hasta 300 mm) sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado y compactado según los niveles requeridos.

Figura 3.15 Instalación tipo 1

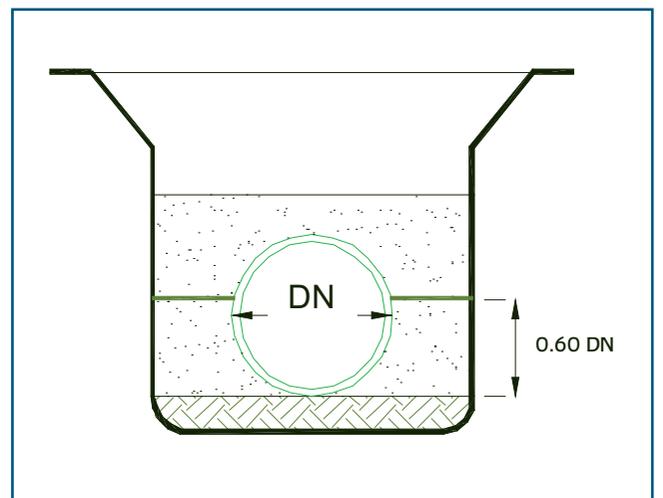


Nota: Para aplicaciones de baja presión ($PN < 1 \text{ bar}$) sin cargas tráfico, no es necesario compactar los 300 mm sobre la clave del tubo.

Instalación tipo 2

- Construya la plantilla del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 3.2.10. Rellene hasta un nivel del 60% del diámetro del tubo con el material de relleno especificado, compactado hasta los niveles indicados.
- Rellene desde el 60% del diámetro hasta 300mm sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado compactando hasta los niveles indicados.

Figura 3.16 Instalación tipo 2



3.3.3 Relleno de la zona del tubo

Se recomienda rellenar inmediatamente después del proceso de enchufado a fin de prevenir dos peligros: la flotación del tubo debido a las lluvias copiosas y los movimientos térmicos por la gran diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas. La flotación puede dañar al tubo y causar costos de reinstalación innecesarios. La contracción y expansión térmica pueden arruinar el sellado debido al movimiento de varios tramos de tubos acumulados en una misma junta.

Si se colocan secciones de tubería en la zanja y se demora el relleno, el centro de cada tubo deberá ser rellenado hasta la clave para minimizar los movimientos en la junta.

La correcta selección, ubicación y compactación del relleno de la zona de la tubería es de gran importancia a fin de controlar la deflexión vertical y para el rendimiento del tubo. Se debe tener cuidado de que el material de relleno no se encuentre contaminado con escombros u otros materiales extraños que puedan dañar el tubo o causar una pérdida de apoyo.

El material de relleno que se encuentra entre la plantilla y la parte inferior externa del tubo debe insertarse y compactarse antes de colocar el resto del relleno (Figuras 3.17 y 3.18).

Figura 3.17 Relleno correcto de la parte baja de la tubería

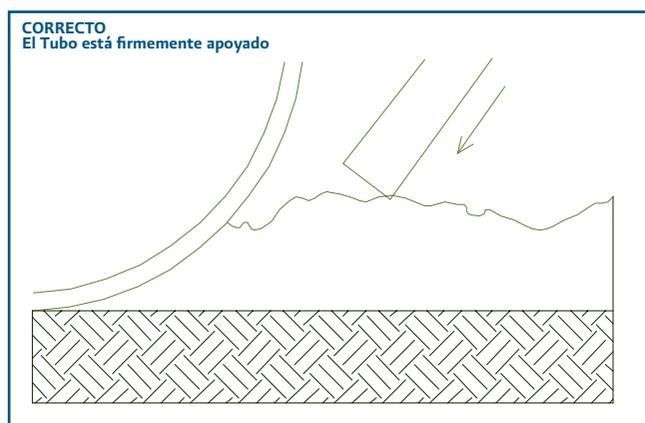
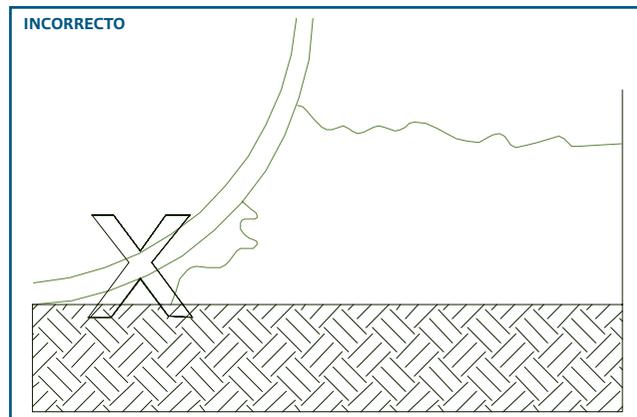


Figura 3.18 Relleno incorrecto de la parte baja de la tubería



Se debe controlar el espesor de la capa a compactar, así como la energía utilizada en el método de compactación. El relleno correcto se realiza normalmente en capas de 100mm a 300mm dependiendo del material de relleno y del método de compactación. Cuando se utiliza grava o piedra triturada como material de relleno, generalmente será adecuado utilizar una capa de 300mm.

Los suelos de grano fino necesitan un mayor esfuerzo de compactación y el espesor de la capa debe ser limitada. Se advierte que es importante lograr la correcta compactación de cada capa para asegurarse de que el tubo tenga el soporte necesario. Los rellenos tipo SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y muy confiables como materiales de relleno para tubos. Estos suelos tienen baja sensibilidad a la humedad. El relleno se puede compactar fácilmente utilizando un compactador manual de placa vibratoria en capas de 200 a 300mm.

Ocasionalmente, se deberá utilizar un geotextil en combinación con suelos de grava para evitar la migración de materiales finos y la consecuente pérdida de apoyo del tubo. Se pueden aceptar los suelos de rellenos tipo SC3 y se encuentran a menudo listos para usar como materiales de relleno para instalaciones de tuberías. Muchos suelos nativos, en los que se instala la tubería, son del tipo SC3 y, por lo tanto, el suelo extraído puede ser directamente reutilizado como relleno para la zona del tubo. Se deben tomar precauciones ya que estos suelos son sensibles a la humedad.

Las características del tipo de suelo SC3 dependen en gran parte de las características de la fracción fina. El control de humedad puede ser necesario cuando se compacta el suelo para lograr la densidad deseada con una razonable energía de compactación y con una fácil utilización del equipo de compactación. La compactación se puede lograr utilizando un compactador manual de impacto en capas de 100 a 200mm.

El relleno tipo SC4 solamente se puede utilizar como relleno de la zona de tubería observando las siguientes precauciones:

- a) El contenido de humedad se debe controlar durante la colocación y la compactación.
- b) No se debe usar en instalaciones con zanjas inestables o con agua estancada en la zanja.
- c) Las técnicas de compactación pueden requerir de una considerable energía y por lo tanto se deben tener en cuenta las limitaciones prácticas de la compactación relativa y la rigidez de suelo resultante.
- d) Cuando compacte, utilice capas de 100 y 150mm con un compactador manual de impacto tal como un apisonador neumático mecánico (bailarina).

- e) Las pruebas de compactación se deben realizar periódicamente para asegurar la compactación adecuada. La compactación del relleno de grano fino se logra con mayor facilidad cuando el material tiene un contenido óptimo de humedad o cercano al mismo

Cuando el relleno alcanza el diámetro horizontal del tubo, toda la compactación deberá comenzar cerca de la zanja y avanzar hacia el tubo. El relleno de la zona de la tubería se puede ubicar y compactar de tal modo que cause que el tubo se ovale en dirección vertical (aumento del diámetro vertical). El ovalo inicial no debe exceder el 1.5% del diámetro del tubo de acuerdo con las mediciones realizadas al alcanzar el relleno la clave del tubo. La cantidad de ovalado inicial obtenida se relacionará con la energía necesaria para lograr la compactación relativa que se necesita. Los altos niveles de energía necesarios con el relleno de tipo SC3 y SC4 pueden sobrepasar los límites. Si esto ocurre considere utilizar tubos de mayor rigidez u otro material de relleno o ambas cosas. Estas recomendaciones se resumen en la *Tabla 3.3*.

Tabla 3.3 Resumen de recomendaciones para la compactación del relleno en la zona de tubo

Tipo de suelos de relleno	Compactador manual de impacto	Compactador manual de placa vibratoria	Recomendaciones
Tipo SC1		300 mm	Dos pasadas deberían proporcionar una buena compactación
Tipo SC2		200 – 250 mm	Dos o cuatro pasadas, dependiendo de la altura y la densidad requerida
Tipo SC3	100 – 200 mm		La altura de la capa y la el número de pasadas dependen de la densidad necesaria. Vigilar los niveles de humedad óptimos del material. Controlar la compactación
Tipo SC4	100 – 150 mm		Puede requerir una importante energía de compactación. El contenido de humedad debe ser óptimo. Verificar la compactación

3.3.4 Compactación sobre el tubo

La instalación Tipo 1 requiere que se compacte 300mm sobre el tubo. El relleno de la zanja en áreas sujetas a cargas de tránsito se suele compactar para minimizar el asentamiento de la superficie de la ruta, calle, autopista, etc.

La *Tabla 3.4* muestra la altura mínima de cobertura sobre el tubo necesaria antes de que ciertos equipos de compactación puedan utilizarse directamente sobre el tubo.

Se debe tener cuidado de evitar un excesivo esfuerzo de compactación sobre la clave del tubo que pueda causar abultamientos o áreas planas.

Sin embargo, el material en esta área no debe dejarse suelto y se debe lograr la densidad específica deseada.

Tabla 3.4 Cobertura mínima para compactación sobre la tubería

Peso del equipo en kg	Cobertura mínima del tubo (mm)	
	Apisonado	Vibrado
< 50		
50 - 100	250	150
100 - 200	350	200
200 - 500	450	300
500 - 1000	700	450
1000 - 2000	900	600
2000 - 4000	1200	800
4000 - 8000	1500	1000
8000 - 12000	1800	1200
12000 - 18000	2200	1500

3.3.5 Deflexión del tubo

La deflexión del tubo con relleno completo es una buena indicación de la calidad de la instalación. La deflexión inicial vertical normal del tubo luego de rellenar hasta el nivel del suelo es menor a 2% para la mayoría de las instalaciones. Todo valor que exceda esta cifra indica que no se ha logrado la calidad de instalación pretendida y debería mejorarse antes de colocar los siguientes tubos. (Por ejemplo, incrementar la compactación del relleno en la zona de tubería, utilizar materiales de relleno en la zona tubería de grano más grueso o una zanja más ancha, etc.). La *Tabla 3.5* proporciona detalles sobre la máxima deflexión del tubo tan pronto como el tubo se haya rellenado hasta el nivel del suelo o calle para obtener una retroalimentación continua de información sobre la calidad de la instalación.

Tabla 3.5 Deflexión vertical inicial permitida

	Deflexión % del diámetro
Grandes diámetros (DN > 300) inicial	3.0

3.3.6 Montaje de los tubos

La tubería PRFV por lo general se instala utilizando coples. Los tubos y coples se pueden suministrar por separado, si bien se pueden entregar con el cople montado en un extremo del tubo. Si los coples no se entregan previamente ensamblados, se recomienda que se monten en el

lugar de almacenamiento o a un costado de la zanja antes de que el tubo sea descendido al fondo de la zanja.

Los coples pueden entregarse con o sin un tope central de montaje. Si no se envían los topes centrales de montaje, se marcará una línea sobre el tubo como ayuda para el montaje.

La tubería PRFV también permite el uso de otros sistemas de unión tales como bridas, juntas mecánicas y uniones por laminación.

3.3.6.1 Sistema de unión por cople

Coples PRFV

Los pasos 1 a 5 se deben seguir en todos los montajes que utilicen coples de presión PRFV.

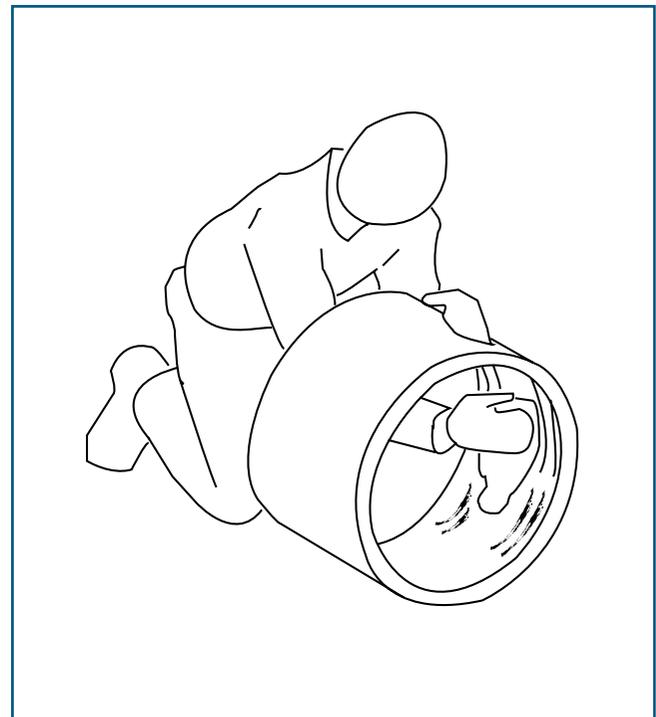
Paso 1: Preparación de plantilla

La plantilla debe estar sobre excavada en la ubicación de cada cople para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre los coples. El área del cople debe ser rellenada luego de que se complete el montaje del cople.

Paso 2: Limpieza del cople

Limpie meticulosamente los alojamientos del cople y los empaques de caucho para asegurarse de que estén libres de suciedad y aceites. (Ver *Figura 3.19*).

Figura 3.19 Limpieza de cople



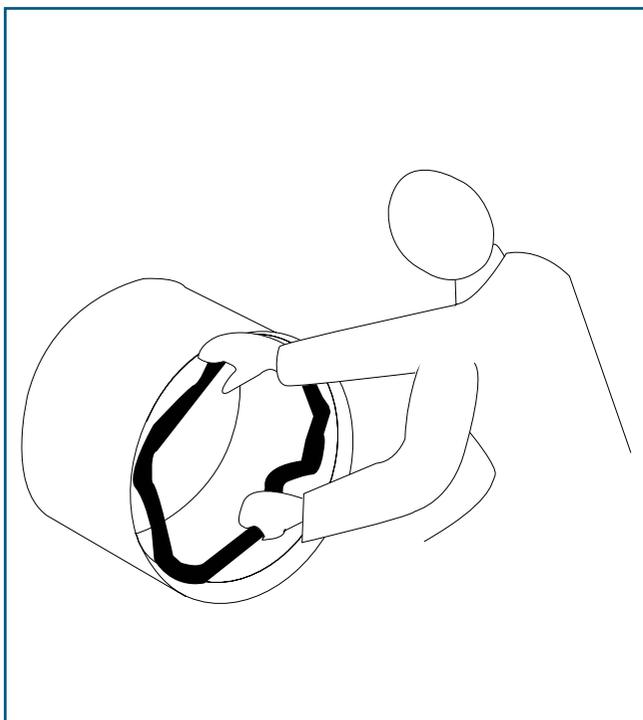
Paso 3: Instalación de los empaques de sello

Introduzca el empaque de sello en el alojamiento dejando bucles del empaque fuera del alojamiento (generalmente de dos a cuatro bucles). No utilice lubricantes ni en el alojamiento, ni en el empaque de caucho en esta etapa del montaje.

No obstante, puede utilizar agua para humedecer el empaque de sello y el alojamiento para facilitar el posicionamiento y la inserción del empaque de sello. (Ver Figura 3.20)

Introduzca cada bucle del empaque en el interior del alojamiento, ejerciendo una presión uniforme en todo momento. Una vez instalado el empaque de sello, tire ligeramente en dirección radial alrededor de la circunferencia para distribuir la compresión del empaque. Verifique que ambos lados del empaque de caucho sobresalgan uniformemente del alojamiento a lo largo de toda la circunferencia. En caso de que no sea así, puede golpear el empaque de sello con una maza de caucho para introducirlo correctamente.

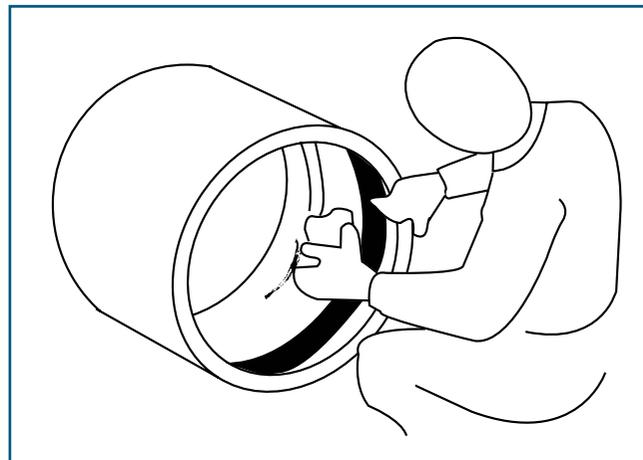
Figura 3.20 Instalación de los sellos



Paso 4: Lubricación de los empaques de sello

Aplique una fina capa de lubricante sobre los empaques de sello (Ver Figura 3.21). Consulte a su proveedor, sobre la cantidad de lubricante que se consume por cada junta.

Figura 3.21 Lubricación de sellos



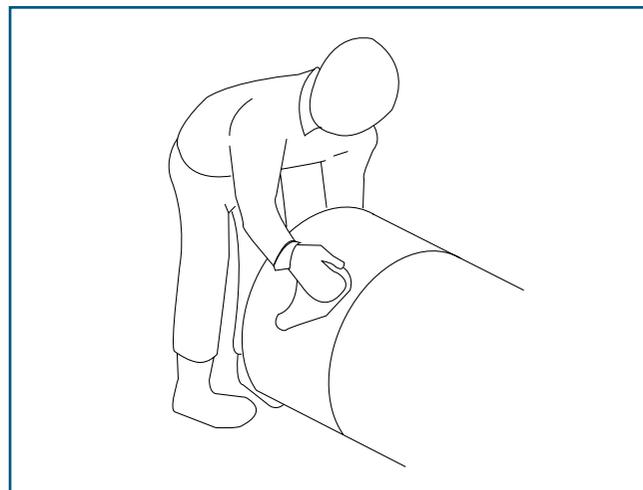
Paso 5: Limpieza y lubricación de los espigas

Limpie las espigas de los tubos a fondo para eliminar cualquier tipo de suciedad, grasa, arena, etc. Inspeccione la superficie de sellado de la espiga, para detectar daños. Aplique una fina capa de lubricante a las espigas desde el extremo del tubo hasta la posición donde se encuentra pintada la franja negra de alineación.

Tome las precauciones necesarias para mantener limpias las espigas y los coples una vez lubricados (Ver Figura 3.22). Se ha observado que colocando un trozo de tela o plástico de aproximadamente un metro cuadrado bajo el área de montaje se mantienen limpios los extremos de las espigas y los empaques de sello.

Precaución: Es muy importante utilizar el lubricante adecuado. Asesorarse sobre el uso de lubricantes alternativos. Nunca utilice lubricantes derivados del petróleo.

Figura 3.22 Limpieza de espigas

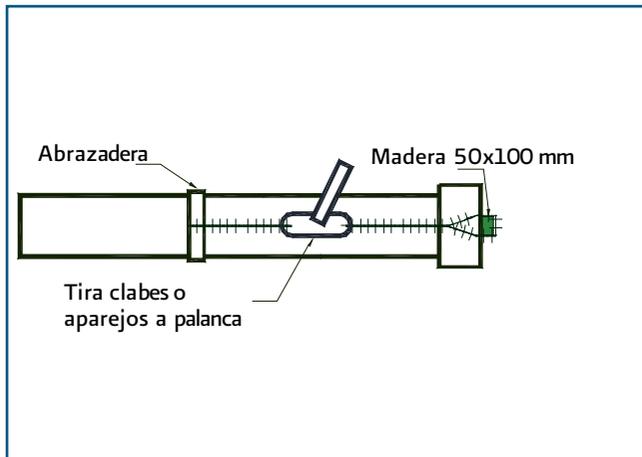


Enchufe de tubería

Si el cople no viene montado previamente, se debe montar en el tubo en un lugar limpio y seco antes de unir los tubos. Esto se logra colocando una abrazadera o eslinga alrededor del tubo a una distancia de 1 a 2 metros de la espiga sobre la cual se realizará el montaje del cople. Asegúrese de que la espiga del tubo se ubique al menos a 100mm sobre el nivel del suelo para evitar que se ensucie. Presione el cople hacia el extremo de la espiga del tubo en forma manual y coloque un tirante de madera de 100 x 50mm cruzando el cople.

Utilice dos tiracables o aparejos a palanca conectados entre el tirante y la abrazadera y tire del cople hasta colocarlo en posición; es decir, hasta que esté alineado con la línea de ayuda para el montaje o hasta que la espiga toque el tope central de montaje (Figura 3.23).

Figura 3.23 Montaje del cople en el tubo



Los siguientes pasos (6 a 8) se aplican al montaje de tubos con abrazaderas o eslingas y tiracables o aparejos a palanca. Se pueden utilizar otras técnicas que puedan ayudar a lograr el objetivo siempre que cumplan con las indicaciones de este manual.

En especial, la inserción de los extremos de los espigas del tubo se debe limitar a la línea de ayuda para montaje y se debe evitar cualquier daño al tubo y los coples.

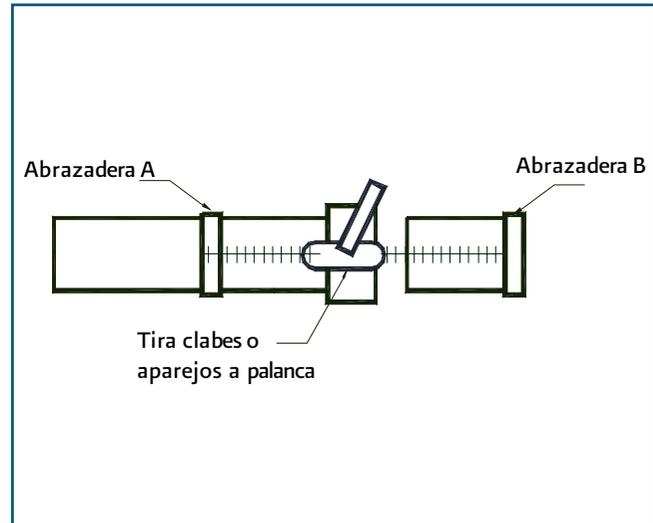
Paso 6: Ubicación del tubo

Se hace descender el tubo con el cople montado al fondo de la zanja. En el lugar de la junta se debe sobreexcavar la zanja para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre los coples.

Paso 7: Ajuste de las abrazaderas

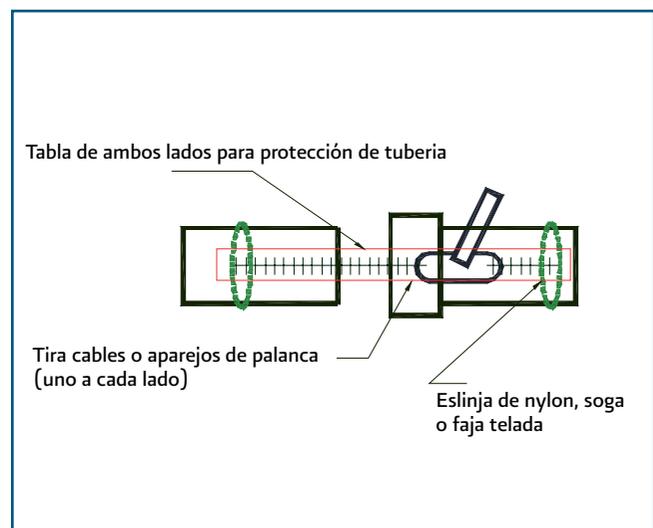
La abrazadera (o eslinga) A se fija sobre cualquier punto del primer tubo o puede quedar posicionada desde la unión anterior. Ajuste la abrazadera B sobre el tubo a ser montado en una posición conveniente (Figura 3.24).

Figura 3.24 Montaje del tubo con abrazadera



Nota: El contacto de la abrazadera con el tubo debe contar con protección (acolchado) para evitar daños al tubo y ejercer una resistencia por fricción con la superficie del tubo. Si no se dispone de abrazaderas, se pueden usar eslingas de nylon o de sogas o fajas teladas planas, tal como se muestra a continuación (Figura 3.25), tomándose las debidas precauciones para mantener la alineación del cople.

Figura 3.25 Montaje de tubos con fajas teladas



Paso 8: Unión de las juntas

Los tiracables se colocan uno a cada lado del tubo y se conectan a las abrazaderas. Luego se tira del tubo hasta colocarlo en posición dentro del cople hasta que alcance la línea de ayuda para el montaje o toca el tope central de montaje. La abrazadera A luego se mueve hacia el próximo tubo a ser montado.

Deflexión Angular en coples PRFV

La máxima deflexión angular en cada junta, tomando en cuenta la vertical y horizontal combinadas, no debe exceder los valores indicados en la Tabla 3.6. Esto puede ser utilizado para acomodar los cambios graduales en la dirección de la tubería. La alineación de los tubos, al ser unidos, debe ser recta y por lo tanto se deberá aplicar la deflexión angular necesaria después de ser ensamblados. La desviación máxima y su correspondiente radio de curvatura se indican en la Tabla 3.7.

Tabla 3.6 Deflexión angular en el cople con doble sello

Diámetro nominal del tubo	Presión (PN) en Bares			
	Hasta 16	20	25	32
	Ángulo máximo de deflexión máx. (en grados)			
DN < 50	3	2.5	2	1.5
500 < DN < 900	2	1.5	1.3	1
900 < DN < 1800	1	0.8	0.5	0.5
DN > 1800	0.5	NA	NA	NA

Nota: Estos datos se suministran a modo informativo. La longitud mínima permitida se calcula en función de la presión nominal, el tipo de relleno y la compactación, pero en ningún caso debería ser inferior a 3 m.

Tabla 3.7 Desviación y radio de curvatura

Ángulo de deflexión (grados)	Máxima desviación (mm)			Radio de Curvatura (m)		
	Longitud del tubo			Longitud del tubo		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
3	157	314	628	57	115	229
2.5	136	261	523	69	137	275
2	105	209	419	86	172	344
1.5	78	157	313	114	228	456
1.3	65	120	240	132	265	529
1	52	105	209	172	344	688
0.8	39	78	156	215	430	860
0.5	26	52	104	344	688	1376

3.4 Inspección

3.4.1 Control del tubo instalado

Los valores máximos de deflexión diametral de una tubería instalada no deben exceder los valores iniciales y a largo plazo que se presentan en la Tabla 3.8. No se admiten bultos, achatamientos u otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo. Si los tubos instalados no se ajustan a estas limitaciones es posible que no funcionen según lo previsto.

La verificación del cumplimiento de los requisitos de deflexión iniciales es fácil de realizar y debería efectuarse para cada tubo inmediatamente después de finalizar la instalación (normalmente en el plazo de las 24 horas posteriores luego de alcanzar el relleno máximo.) La deflexión inicial prevista para la mayoría de las instalaciones con relleno máximo es de aproximadamente el 2 %. Por lo tanto, un valor que exceda esta cifra indicará que la instalación no se ajusta a lo previsto y que deberá ser mejorada la instalación de tubos posteriores (por ejemplo, incrementado la compactación de la zona de relleno de la tubería, utilizando materiales de relleno de grano más grueso, excavando zanjas más anchas, etc.) Las mediciones de deflexión para cada tubo instalado se recomiendan como una buena verificación de la calidad de instalación del tubo.

No debe permitirse la instalación de un tramo largo de tubería sin antes ir verificando su calidad. Esto le permitirá detectar y corregir a tiempo cualquier método inadecuado de instalación.

Tabla 3.8 Deflexión vertical Permitida

	% de deflexión del diámetro
Diámetros grandes (DN > 300mm)	3.0

Los tubos instalados cuyas deflexiones iniciales excedan los valores indicados en la Tabla 3.8 deberán ser reinstalados de forma que la deflexión inicial se ajuste a los límites marcados en dicha tabla.

El procedimiento para la verificación de la deflexión diametral inicial es el siguiente:

- a) Complete el relleno hasta el nivel del suelo.
- b) Termine de retirar los entibados provisionales (en caso de que se hayan utilizado).
- c) Desconecte el sistema de drenaje (en caso de que se haya utilizado).
- d) Mida y registre el valor del diámetro vertical del tubo.

Nota: En los tubos de diámetro pequeño se puede utilizar un aparato para el control de la deflexión (normalmente denominado calibre) para verificar que el diámetro vertical se encuentra dentro de los valores admisibles, recorriendo la línea con el mismo.

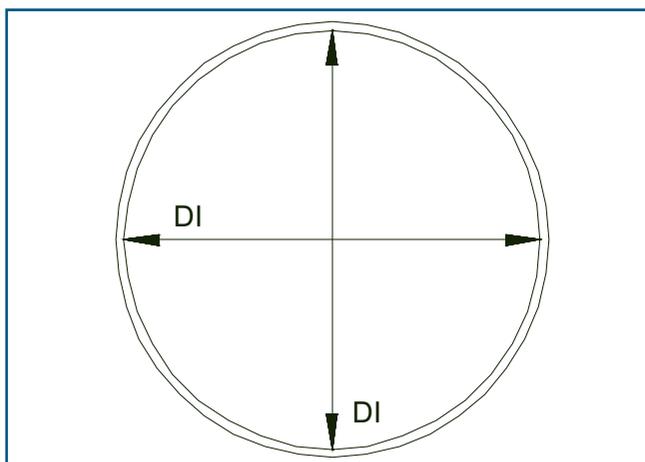
e) Calcule la deflexión vertical con la ecuación (1):

$$\% \text{ Deflexion} = \frac{\text{DI Inicial} - \text{DI Vertical Instalado}}{\text{DI Inicial}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

El diámetro inicial (DI inicial) puede ser verificado o determinado midiendo los diámetros de un tubo que no haya sido instalado y que se encuentre depositado libremente sobre un suelo lo más plano posible (sin tubos apilados) o pidiendo directamente el valor al fabricante. Dicho valor se calcula con la ecuación (2). *Figura 3.26*

$$\text{DI Inicial} = \frac{\text{DI Vertical} - \text{DI Horizontal}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Figura 3.26 Determinación del diámetro inicial de un tubo no instalado



3.4.2 Prueba hidráulica de campo

Algunas especificaciones de trabajo exigen que se realice un ensayo hidrostático de la instalación finalizada antes de proceder a su aprobación y puesta en servicio. Este tipo de ensayo resulta muy útil ya que permite detectar y corregir materiales dañados y defectos de instalación en las primeras etapas del proceso. Si se va a realizar un ensayo hidráulico, éste se debe efectuar de forma periódica a medida que se realiza la instalación. Los buenos procedimientos de construcción indican que no debe instalarse más de 1000m de tubería sin someterla a prueba, a fin de comprobar la calidad del trabajo. El primer ensayo hidráulico en obra debería incluir al menos una válvula de aire o cámara de drenaje para evaluar la totalidad de la tubería. Además de los cuidados rutinarios, las precauciones normales y los procedimientos típicos utilizados en este ensayo, se deben tener en cuenta las siguientes sugerencias:

Algunas de las ecuaciones más comunes para el cálculo del volumen admisible para restituir presión (mal llamadas pérdidas admisibles) en tuberías impermeables son:

SEGÚN LA NORMA BS 8010

$$\text{Vol.max.} = \frac{0.02 \text{ ID L P}}{24} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

- Vol. Max.= Volumen a restituir (litros)
- ID= diámetro interno de la tubería (mm)
- L= Longitud del tramo a ensayar (km)
- P= presión de prueba (kg/cm²)

SEGÚN LA NORMA UNE-EN 805:2000

$$\text{Vol.Max.} = 1.2 \text{ V Dp} \left[\frac{1}{E_w} + \frac{\text{ID}}{e E_r} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

Vol. Max.=	Volumen a restituir (litros)
Dp=	Pérdida de presión máxima (kPa)= 20 kpa para el PRFV
Ew=	Modulo de elasticidad del agua (kPa)= 2'000,000 kPa
ID=	Diámetro interno del tubo (m)
e=	Espesor de la pared del tubo (m)
Er=	Modulo de elasticidad de la tubería (kPa)

Nota: La caída de presión no debe de exceder 20 Kpa (0.20 kg/cm²) durante la primer hora.

SEGÚN LA NORMA AWWA M11 (APLICABLE PARA TUBERÍAS IMPERMEABLES CON JUNTA ELÁSTICA)

$$\text{Vol.Max.} = \frac{0.0023 \text{ ID L}}{24} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

Vol. Max.=	Volumen a restituir (litros)
ID=	Diámetro interno de la tubería (mm)
L=	Longitud del tramo a ensayar (m)

Con cualquiera de las ecuaciones 3, 4 y 5, se recomienda seguir los siguientes pasos antes presurisar el tramo de prueba:

- En caso de existir atraques, piezas encofradas etc. de la línea a probar, deben estar contruidos y aprobados por la supervisión.
- La deflexión total de los tubos ya instalados y con el material de relleno completo no deberá superar el 3% de su diámetro interno real.
- El ensamble de las uniones de PRFV deberá realizarse adecuadamente con los empaques suministrados para tuberías PRFV.
- Las bridas existentes en el tramo a probar deberán ser apretadas correctamente: Los tornillos se deben apretar inicialmente a un par de 35 N-m y luego se ajustan hasta un máximo de 70 N-m ó hasta que las caras de la bridas estén en contacto (hasta garantizar hermeticidad).
- En caso de existir válvulas deberán estar ancladas y correctamente aseguradas.
- El tramo a ensayar primeramente sera entre pozo y pozo e incrementando la longitud a medida que se obtiene experiencia.

- El anclaje que soporta el tapón ciego deberá ser calculado de acuerdo a la presión de ensayo.
- La estabilidad de los atraques de concreto de los accesorios que soportan las cargasejercidas por el empuje de la presión del agua en la tubería deberá ser garantizada con anterioridad a la prueba.
- Llenar la línea con agua hasta alcanzar los niveles de llenado maximo a la linea entre pozo y pozo.
- Permitir estabilizar la línea de 24 a 48 horas

Prueba neumática

Para sistemas de tubería por gravedad (PN=1 bar) existe un ensayo alternativo de verificación de fugas que se realiza con aire en lugar de agua. Al igual que en el caso del ensayo hidráulico, se debe ensayar la tubería en tramos cortos, tomándose por lo general el tramo de tubería comprendido entre dos pozos de inspección.

Además de los cuidados rutinarios, las precauciones normales y los procedimientos típicos adoptados durante este ensayo, se deben tener en cuenta las siguientes sugerencias:

- Comprobar que la tubería y todos los accesorios estén convenientemente taponados o conectados y fijados para soportar la presión interna.
- Presurizar lentamente el sistema a 0.24 bar. La presión debe regularse para impedir una sobrepresión (máximo 0.35 bar).
- Dejar que la temperatura del aire se estabilice durante algunos minutos mientras se mantiene la presión a 0.24 bar.
- Durante el periodo de estabilización se recomienda verificar todas las conexiones con una solución jabonosa para detectar cualquier fuga. Si se encuentra una fuga, se debe desconectar el sistema de presión.
- Proceder a su reparación, volviendo a empezar a continuación desde el punto 3.
- Después del período de estabilización, ajustar la presión de aire a 0.24 bar y cortar o desconectar el suministro de aire.
- La tubería pasa el ensayo si la caída de presión es de 0.035 bar. o menos durante los períodos indicados en la *Tabla 3.9*.
- Si la tubería no cumple los requisitos de aceptación del ensayo, se puede acoplar las conexiones

neumáticas muy próximas la una de la otra y desplazarlas en ambos sentidos a lo largo de la línea, lo que permite repetir el ensayo en cada punto hasta que se detecta la fuga.

Este método de localización es muy preciso y permite localizar fugas en una distancia comprendida entre uno y dos metros. Con ello se minimiza el área a excavar y se reducen los costos de reparación en los supuestos de que se localizara algún desperfecto en la línea.

Precaución: durante la presurización se almacena gran cantidad de energía en la tubería cuando el método de ensayo es con aire (incluso a bajas presiones). De ahí que se deba comprobar que la tubería esté adecuadamente anclada y seguir las precauciones de seguridad del fabricante en dispositivos tales como obturadores de aire comprimido.

Este tipo de ensayo se utiliza para determinar la presencia de daños en la tubería y/o para determinar si los coples han sido montados correctamente.

Tabla 3.9 tiempo de ensayo para pruebas con aire

Diámetro (mm)	Tiempo (min)	Diámetro (mm)	Diámetro (mm)
300	7.75	1200	30
350	8.75	1300	32.5
400	10	1400	35
500	12.5	1500	37.5
600	15	1600	40
700	17.5	1800	45
800	20	2000	50
900	22.5	2200	55
1000	25	2400	60
1100	27.5		

Sección 4 Tubería de PVC

4.1 Recepción y descarga

4.1.1 Manejo y almacenamiento

Se debe manejar y almacenar la tubería y conexiones de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

4.2 Preparación del terreno

4.2.1 Materiales

4.2.1.1 Clasificación

Los materiales para ser usados como cimentación, encamado y rellenos, son mostrados en la *Figura 4.1*; están clasificados en la *Tabla 4.1*. Esta clasificación incluye agregados naturales, manufacturados y procesados y los tipos de suelo clasificados con la norma ASTM D 2487.

Nota: los materiales procesados producidos para la construcción de carreteras, incluyendo agregado grueso, material de base, sub-base y materiales para superficies de rodamiento, cuando se usen para cimentación, plantilla y relleno deben clasificarse de acuerdo con este apartado y la *Tabla 4.1* según la forma y la granulometría.

4.2.1.2 Instalación y uso

La *Tabla 4.2* provee recomendaciones para la instalación y el uso de acuerdo con el tipo de suelo o agregado y su ubicación dentro de la zanja.

4.2.1.2.1 Uso del suelo y agregado clase I a IV A

Estos materiales pueden ser usados siguiendo las recomendaciones de la *Tabla 4.2* a menos que se especifique lo contrario.

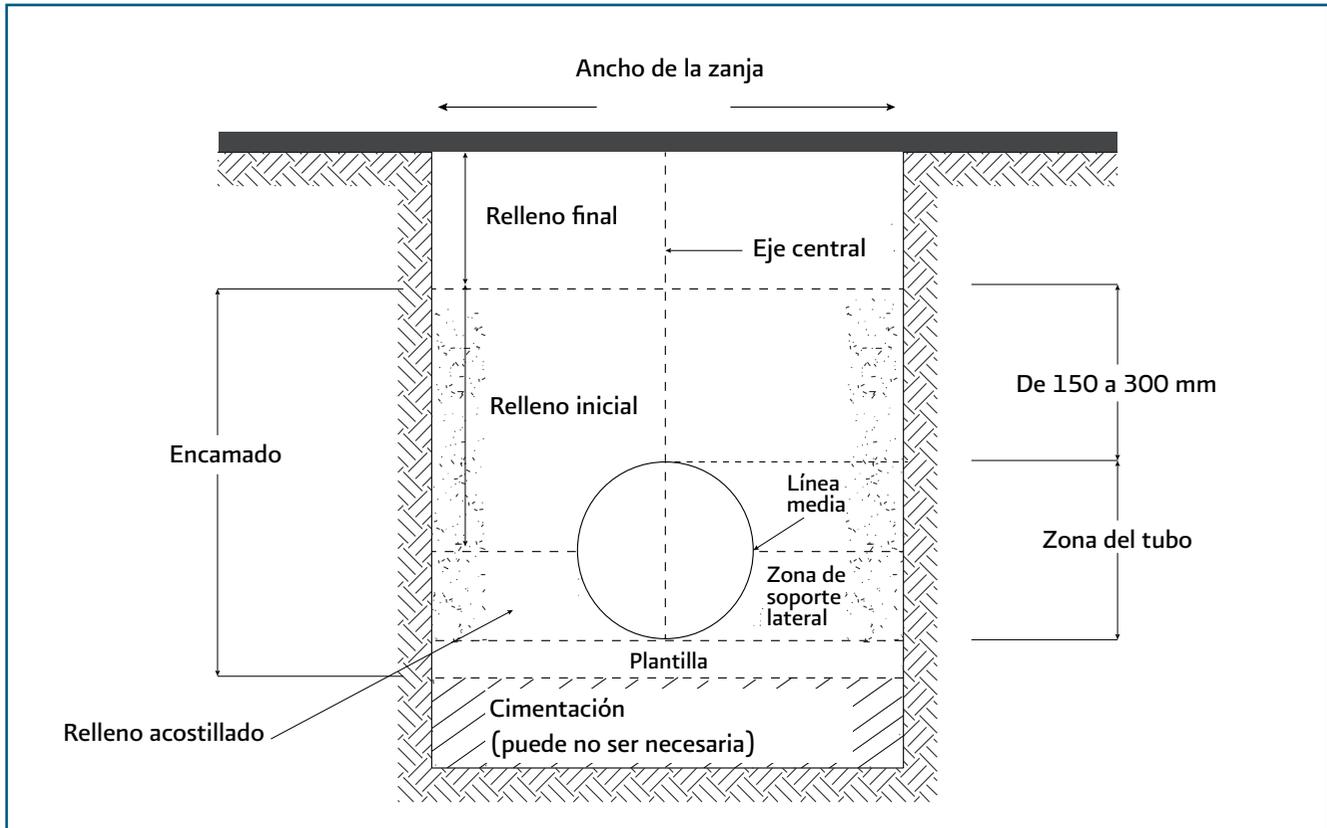
4.2.1.2.2 Uso de suelo y materiales clase IV B y V

Estos materiales no son recomendados para el encamado y deben ser excluidos del relleno final excepto cuando las condiciones del proyecto lo permitan.

4.2.1.3 Descripción del material de relleno

El apartado 4.5.3 describe las características del material recomendado para rellenos.

Figura 4.1 sección transversal de la zanja mostrando los elementos mencionados en la terminología - ver norma ASTM D 2488 para un procedimiento manual y visual para identificación del suelo.



4.2.1.4 Materiales Clase IA

Estos materiales proveen una estabilidad y soporte máximo para una densidad especificada a causa del entrelazado angular de partículas. Con esfuerzo mínimo, estos materiales pueden colocarse hasta alcanzar densidades relativamente altas en un amplio rango de contenido de humedad. Además, la alta permeabilidad de los materiales Clase IA puede ayudar a controlar el agua, estos materiales son recomendados usualmente para rellenos en cortes de roca donde generalmente existe agua. Sin embargo, cuando se prevea la existencia de flujos de agua subterráneas, deben tomarse precauciones para evitar la posible migración de materiales finos de las zonas adyacentes hacia los materiales de Clase IA de granulometría abierta.

Foto 4.1 Materiales Clase IA



4.2.1.5 Materiales Clase IB

Estos materiales son producto de la mezcla de materiales Clase IA y arenas naturales o procesadas para obtener un agregado de granulometría cerrada que minimice la migración de materiales finos contenidos en las áreas adyacentes. Estos materiales son un poco más densos que los materiales de la clase IA y por lo

tanto requiere de un mayor esfuerzo de compactación para alcanzar la densidad mínima especificada. Cuando se han compactado correctamente, los materiales de la clase IB ofrecen alta rigidez y resistencia y dependiendo de la cantidad de materiales finos, pueden ser drenados con relativa facilidad.

Foto 4.2 Materiales Clase IB



4.2.1.6 Materiales Clase II

Estos materiales al compactarse proveen un nivel de soporte relativamente alto a la tubería. En muchos aspectos tienen todas las características deseables de los materiales de la clase IB cuando tienen granulometría cerrada. Sin embargo, los grupos de granulometría abierta pueden permitir migración de finos y las graduaciones deben ser revisadas para que sean compatibles con las graduaciones de los materiales adyacentes. Típicamente, los materiales Clase II consisten en partículas redondeadas y son menos estables que los materiales angulares, a menos que estén confinados y compactados.

Foto 4.3 Materiales Clase II



4.2.1.7 Materiales Clase III

Estos materiales proveen menos soporte para una densidad dada que los materiales de las clases I y II. Se requiere de un esfuerzo de compactación elevado a menos que se controle el contenido de humedad. Una vez que logre tener la densidad adecuada, estos materiales pueden brindar un nivel de soporte razonable para la tubería.

Foto 4.4. Materiales Clase III



4.2.1.8 Materiales Clase IV-A

Estos materiales requieren de una evaluación geotécnica antes de su utilización. El contenido de humedad debe estar cerca del nivel óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación y alcanzar la densidad requerida. Si son colocados y compactados adecuadamente pueden proveer niveles de soporte razonables para la tubería; sin embargo, su uso puede ser inconveniente en condiciones de carga altas, tales como; rellenos altos, tráfico pesado o bajo equipo de compactación vibratorio pesado. Estos materiales no deben usarse cuando exista agua en la zanja que pueda causar inestabilidad y un contenido incontrolable de agua.

Foto 4.5 Materiales Clase IV - A



Tabla 4.1 Clases de materiales para encamado y relleno final

Clase	Tipo	Símbolo del grupo de suelo (de acuerdo a ASTM D2487)	Descripción	Porcentaje pasando las mallas No.			Límites de Atterberg		Coeficientes	
				1 1/2" (40 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 200 (0.075 mm)	LL	PI	Uniformidad Cu	Curvatura Cc
IA	Agregados manufacturados: graduación abierta, limpios	Ninguno	Angulares, piedra o roca triturada, grava triturada, coral triturado, escoria, cenizas o conchas trituradas; alto contenido de vacíos, contienen poco o ningún material fino.	100 %	≤ 10 %	< 5%	No plástico			
				100 %	≤ 50 %	< 5%	No plástico			
IB	Agregados procesados, manufacturados graduados densamente, limpios	Ninguno	Angulares, roca triturada (u otro material clase 1A) y mezclas piedra/arena con graduaciones seleccionadas para minimizar la migración de suelos adyacentes; contienen poco o ningún material fino (ver A.8)	100 %	≤ 50 %	< 5%	No plástico			
				100 %	≤ 50 %	< 5%	No plástico			
II	Suelos de grano grueso, limpios	GW	Gravas bien graduadas y mezcla de grava-arena; poco o ningún material fino	100 %	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	< 5%	No plástico	> 4	1 a 3	
								< 4	< 1 ó > 3	
		SW	Arenas bien graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino	100 %	> 50 % de la "Fracción Gruesa"	< 5%	No plástico	> 6	1 a 3	
								< 6	< 1 ó > 3	
		SP	Arenas bien graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino	Varía	5% a 12%	Los mismos que para GW, GP, SW Y SP				

III	Suelos de grano grueso con finos	GM	Gravas limosas, mezclas de gravas-arenas-limos	100 %	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	> 50 %	12% ^a 50 %	< 4 ó < Línea A	< 7 y > Línea A
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas-arenas-arcillas						
		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas-limos		> 50 % de la "Fracción Gruesa"				
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas-arcillas						
IVA*	Suelos con grano fino (inorgánicos)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy fina polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, limos con poca plasticidad	100 %	100 %	> 50 %	< 4 ó < Línea A	< 7 y > Línea A	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, gravas arcillosas, arenas arcillosas, arcillas limosas, arcillas rebajadas						
IVB	Suelos con grano fino (inorgánicos)	ML	Limos inorgánicos, arenas finas micáceas o diatomáceas o suelos limosos, limos elásticos	100 %	100 %	> 50 %	< Línea A	> Línea A	
		CL	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas						
V	Suelos Orgánicos	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	100 %	100 %	> 50 %	< 4 ó < Línea A	< 7 y > Línea A	
		OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos						
	Altamente Orgánico	PT	Turba y otros suelos con alto contenido orgánico	100 %	100 %	> 50 %	< 4 ó < Línea A	< 7 y > Línea A	

Tabla 4.2 Recomendaciones para la instalación y utilización de suelos y agregados para cimentaciones, plantilla y rellenos

Clase de Suelo (Ver Tabla 4.1)*					
	Clase IA	Clase IB	Clase II	Clase III	Clase IV-A
Recomendaciones generales y restricciones	No utilizarlos donde las condiciones existentes pudieran causar la migración de finos del suelo adyacente y la tubería. Aprobados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes en cortes de roca donde el material adyacente esta apropiadamente graduado (ver A.8 Migración).	Procese los materiales según se requiera para obtener una graduación tal que minimiza la migración de materiales adyacente (ver A.8 Migración). Aprobados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	Donde existe gradiente hidráulico, revise la graduación para minimizar la migración. Grupos "limpios" son apropiados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	No los utilice donde las condiciones del agua en la zanja puedan causar inestabilidad.	Obtenga una evaluación geotécnica del material propuesto. Este puede no ser apropiado para rellenos altos de suelo, superficies con altas cargas de tráfico, compactadores y "tamper" vibratorios pesados. No los utilice donde las condiciones del agua puedan causar inestabilidad.
Cimentación	Apropiados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropiados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropiados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropiados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. No los utilice en espesores totales mayores a 300 mm (12"). Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropiados solamente en condiciones no alteradas y en zanjas secas. Retire todo el material suelto y proporcione un fondo de zanja firme y uniforme antes de colocar el lecho.
Plantilla	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropiados de acuerdo a las restricciones anteriores. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropiados solo en condiciones de zanja seca. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropiados solamente en zanjas secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).

Relleno Acostillado	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.
Relleno Inicial	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactélos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.
Compactación * del Encamado *	Colóquelos a mano para asegurar que todos los vacíos y las áreas de soporte lateral (rinconeras) estén llenos. Para obtener altas densidades utilice compactadores vibratorios.	Densidad Próctor estándar*** mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Próctor estándar*** mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Próctor estándar*** mínima 90%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.	Densidad Próctor estándar*** mínima 95%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.
Relleno Final	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.

** Materiales clase IV-B (MH-CH) y clase V (OL; OH; PT) no son apropiados para el encamado. Se pueden utilizar como relleno final si el Ingeniero lo permite.
 ** Cuando se utilicen compactadores mecánicos evite el contacto con el tubo. Cuando se esté compactando sobre la corona del tubo, mantenga una cubierta de 150 mm (6") cuando se usen compactadores pequeños. Cuando se utilicen compactadores mayores mantenga las cubiertas mínimas de acuerdo a lo indicado por el Ingeniero.
 *** Las densidades mínimas dadas en la tabla tienen la intención de ser los requisitos mínimos para obtener una rigidez del lecho satisfactoria en la mayoría de las condiciones de instalación.

4.2.1.9 Contenido de humedad en el material del relleno

El contenido de humedad debe estar dentro de los límites recomendados para permitir la colocación y compactación a los niveles requeridos con un esfuerzo normal.

Para suelos poco permeables (tales como los de Clase III, Clase IV-A y algunos en el límite de la Clase II), el contenido de humedad normalmente requerido debe ser $\pm 3\%$ del óptimo. La practicidad de obtener y mantener los límites requeridos en el contenido de humedad es un criterio importante para la selección de materiales ya que una falla en la densidad requerida, específicamente en la zona de tubo, pudiera resultar en deflexión excesiva. Donde existe la posibilidad de que entre agua en la zanja, los materiales del relleno deben elegirse por su habilidad para densificarse rápidamente mientras son saturados (esto es, materiales de rápido escurrimiento, granulares no cohesivos).

Foto 4.6 Materiales Clase IV - A



4.2.1.10 Tamaño máximo de las partículas

El tamaño máximo de las partículas del material del relleno está limitado a los materiales que pasen una malla de 38.1 mm (1 1/2 ") (ver Tabla 4.1). Para facilitar el relleno alrededor de una tubería de diámetro pequeño y para prevenir daños en la pared de la misma, se requiere un tamaño menor de partículas. Cuando el relleno final contiene rocas, grava, etc., el ingeniero puede exigir mayores espesores del relleno inicial (ver Figura 4.1).

4.2.2 Terreno

En este apartado se proporcionan los procedimientos de excavación de zanjas de especial relevancia en la instalación de tubería termoplástica flexible.

4.2.3 Excavación

Debe asegurarse la estabilidad lateral de la excavación bajo cualquier condición de trabajo. La inclinación de las paredes de la zanja o los soportes previstos deben estar en conformidad con las normas de seguridad nacionales. Solamente se debe excavar la longitud de zanja que pueda ser mantenida con seguridad por el equipo disponible. Se deben rellenar todas las zanjas tan pronto como sea posible, y no dejarlas abiertas más allá de la jornada de trabajo.

4.2.4 Control de aguas

No se debe colocar o recubrir tubería mientras exista agua en la zanja. Se debe prevenir, en todo momento, la entrada de aguas superficiales en la zanja.

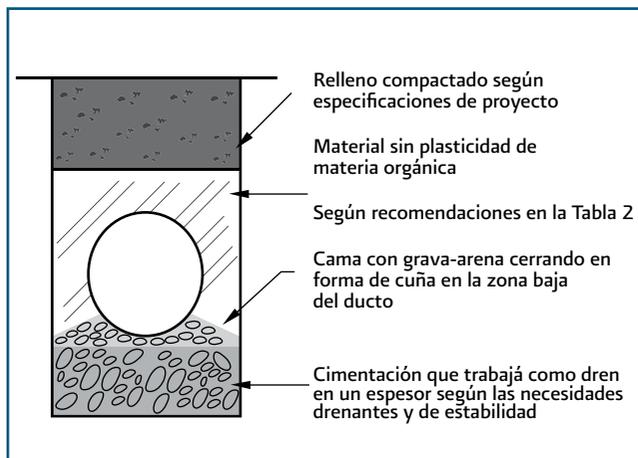
4.2.5 Aguas Subterráneas

Cuando se presenten aguas subterráneas en el lugar de trabajo deben ser desalojadas para mantener la estabilidad de los materiales. Se debe procurar mantener el nivel de agua por debajo de la plantilla y de la cimentación de la tubería (si existe) para dar una base estable a la zanja. Se debe usar el equipo y procedimientos necesarios, bombas, pozos, pozos profundos, geotextiles, subdrenes perforados o sábanas de roca, para remover y controlar el agua en la zanja. Cuando se esté excavando y desalojando el agua, procure que el nivel del agua se mantenga debajo del fondo del corte para evitar que se lleve parte de las paredes de zanja. Se debe mantener el agua controlada en la zanja antes, durante y después de la instalación de la tubería y hasta que el relleno esté completo y se haya colocado suficiente material para prevenir que la tubería flote. Para no perder el soporte del suelo, se deben emplear métodos para desaguar que minimicen la migración de partículas finas y la creación de vacíos en el perímetro de la zanja.

4.2.6 Aguas de escorrentía

Se debe controlar el agua de escorrentía procedente de drenaje superficial o del subsuelo para evitar el desgaste de las paredes de la zanja, sus cimientos y otras zonas del encamado. Para evitar el flujo de agua a lo largo del fondo de la zanja, se deben hacer diques, cortes u otras barreras en la zanja durante la instalación. Se deben rellenar todas las zanjas una vez instalada la tubería para prevenir daños en la misma o en el encamado.

Figura 4.2 Materiales para el control del Agua



4.2.8 Ancho mínimo de la zanja

Cuando las paredes de las zanjas sean estables o están sostenidas, se debe dar el ancho suficiente, pero no mayor que el necesario para garantizar que el área de trabajo sea segura y adecuada para compactar la plantilla, el acostillado y otros materiales del encamado. El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería. Los anchos mínimos no deben ser menores que el diámetro exterior del tubo más 400 mm o el diámetro exterior del tubo multiplicado por 1.25, más 300 mm. Adicionalmente a las consideraciones de seguridad, el ancho de la zanja en suelos inestables no ademados y con poca firmeza depende del diámetro y la rigidez de la tubería, la rigidez del relleno y del suelo natural así como de la profundidad de instalación. Puede utilizarse equipo especial que permita la instalación y encamado satisfactorio de la tubería en zanjas más estrechas que las especificadas. Si se determina que el uso provee una

instalación consistente con los requerimientos de este manual, los anchos mínimos de la zanja pueden ser reducidos, según aprobación del ingeniero.

4.2.9 Soporte de las paredes de la zanja

Cuando se usen sistemas tales como: tablestacas, pantallas o cajas especiales, se debe asegurar que el soporte del tubo y su encamado se mantengan a lo largo de la instalación. Además se debe asegurar que la tablestaca sea lo suficientemente hermética para prevenir el lavado de las paredes detrás del sistema de tablestacado.

4.2.9.1 Soportes dejados en el sitio

A menos que el ingeniero decida lo contrario, las tablestacas utilizadas como soportes dentro o debajo de la zona de tubería deben ser dejados en su posición para evitar la pérdida de soporte del material de cimentación o del relleno. Cuando la parte superior del ademe deba cortarse, debe hacerse a 0.5 m o más arriba de la corona del tubo. Se deben dejar barreras y apuntalamientos en el lugar según se requieran para soportar el corte en el ademe y los alrededores de las paredes de la zanja en la zona de la tubería. Si se considera que el ademe debe dejarse colocado en el sitio, éste se considerará como una estructura permanente y por tanto debe tratarse contra la degradación biológica (por ejemplo ataque de insectos u otras formas biológicas), y contra el deterioro si está por encima del agua subterránea.

4.2.9.2 Soportes móviles para paredes de zanja

No se debe alterar la tubería instalada y su encamado cuando se usen ademes móviles. Los soportes móviles no deben ser usados por debajo de la parte superior del tubo a menos que se utilicen métodos adecuados para mantener la integridad del material de encamado. Antes de remover el soporte se debe colocar y compactar el encamado hasta una profundidad suficiente como para asegurar la protección de la tubería. Una vez retirados los ademes se debe finalizar la colocación y compactación del encamado.

4.2.9.3 Eliminación de soportes para paredes de zanja

Si el ingeniero permite el uso de tablestacas u otros soportes para paredes de zanja por debajo de la zona del tubo, asegúrese que el material de la misma, la cimentación y el encamado no se altere al retirar los ademes. Llenar los vacíos dejados por los ademes removidos y compactar todo el material a la densidad requerida.

4.2.10 Rocas o material rígido en el fondo de la zanja

Si se encontrara en el fondo de la zanja, esquistos u otros tipos de materiales no removibles, guijarros, escombros o restos, pedruscos o piedras mayores a 40 mm, se debe excavar a una profundidad mínima de 150 mm por debajo del fondo de la tubería y sustituir con material apropiado para la plantilla.

4.3 Instalación

4.3.1 Generalidades

Las recomendaciones para el uso de varios tipos de materiales clasificados en la *Tabla 4.1* para cimentación, plantilla, acostillado y rellenos, se dan en la *Tabla 4.2*.

4.3.2 Fondo de la zanja

Se debe instalar la cimentación y plantilla como lo solicite el ingeniero de acuerdo a las condiciones en el fondo de la zanja. Se debe proveer una plantilla uniforme, firme y estable al tubo y a cualquier parte sobresaliente de las juntas para garantizar un soporte longitudinal a la tubería. Se debe proveer una plantilla de un espesor mínimo de 100 mm a menos que se especifique lo contrario.

4.3.2.1 Rocas y materiales rígidos de difícil remoción

Cuando se encuentren rocas y materiales de difícil remoción en el fondo de la zanja, se debe instalar una plantilla con un espesor mínimo de 150 mm debajo del fondo del tubo.

4.3.2.2 Fondo de zanja inestable

Donde el fondo de la zanja sea inestable o presente una tendencia a la inestabilidad, se debe excavar a una profundidad de acuerdo a lo indicado por el ingeniero y reemplazar por una cimentación de material Clase IA, Clase IB o Clase II. Use un material graduado adecuado donde las condiciones existentes pueden causar migración de partículas finas o pérdida del soporte de la tubería. Se debe colocar y compactar el material de cimentación de acuerdo con la *Tabla 4.2*. Para condiciones severas el ingeniero puede requerir de una cimentación especial, tales como uso de pilotes y tablestacas. Se puede lograr controlar los fondos inestables de zanjas mediante el uso de los geotextiles apropiados.

4.3.2.3 Cargas concentradas

Se deben minimizar las cargas concentradas y los asentamientos diferenciales, donde la tubería cruce otras instalaciones o estructuras diferenciales, donde la tubería cruce otras instalaciones o estructuras subterráneas, o donde existan cimientos especiales como pilotes de concreto y promover el uso de un material que amortigüe las cargas entre la tubería y cualquier otro punto de carga concentrada.

4.3.2.4 Sobre-Excavación

Si el fondo de la zanja es sobre-excavado por debajo de la pendiente proyectada, se debe rellenar la sobre-excavación con material compatible con la cimentación y compactar la plantilla a una densidad no menor que la mínima dada en la *Tabla 4.2*.

4.3.2.5 Derrumbes

Si las paredes laterales de la zanja se desprenden durante cualquier etapa de la instalación o excavación, quite todo el material desprendido y suelto de la zanja.

4.3.3 Ubicación y alineamiento

Se debe colocar la tubería y los accesorios en la zanja con el fondo de arrastre de acuerdo a las elevaciones pendientes y alineamiento requeridos. En la plantilla de la tubería se debe excavar el espacio necesario para las campanas de acople, si la tubería que se instala cuenta con ellas, que asegure la uniformidad en el soporte de la tubería. Deben llenarse todos los vacíos bajo la campana compactando adecuadamente. En casos especiales donde la tubería está instalada en una curva, mantener las deflexiones angulares de las uniones (alineamiento axial) o radio de curvatura del eje de la tubería o ambos, dentro de los límites de diseño aceptables.

4.3.4 Uniones

Se debe cumplir con las recomendaciones del fabricante para el ensamble de los componentes de las juntas, lubricación y el proceso de acople. Cuando el tendido de la tubería se interrumpe, se debe asegurar la misma contra movimientos y sellar los extremos, para prevenir la entrada de agua, lodo o materiales extraños

4.3.4.1 Junta de empaques elastoméricos

Se debe verificar que las espigas de la tubería estén marcadas para indicar la posición final de la inserción y asegurarse que el tubo sea insertado dentro del tubo o campana hasta esta marca. Se debe empujar la espiga dentro de la campana usando los métodos recomendados de fabricante, manteniendo la tubería alineada y en la pendiente indicada, asegurándose de proteger el extremo de la tubería durante el acople, no se debe usar fuerza excesiva que pueda hacer que la espiga penetre más de lo indicado o que se desacomode el empaque. Si no se logra la inserción total, se debe desacoplar la junta, limpiar la unión y acoplar. Se debe usar solamente los lubricantes recomendados o suministrados por el fabricante de la tubería. No se debe utilizar lubricantes derivados del petróleo, ni exceder las recomendaciones del fabricante para deflexiones angulares de la junta (alineamiento axial).

Nota: es importante mencionar que el lubricante debe aplicarse en el chaflán de la espiga y en el anillo de la campana para hacer el sello y hermeticidad.

Revisar el punto 6.1.3.3 del MAPAS de la Comisión Nacional del Agua para los procedimientos según diámetro de la tubería.

4.3.4.2 Unión cementada

Cuando se utilicen juntas cementadas se deben seguir las recomendaciones del fabricante de tubería y del cemento solvente. Si no se logra la inserción completa, se debe cortar y elaborar una nueva unión utilizando los accesorios adecuados. Se debe esperar a que las uniones sequen durante 12 o 24 horas antes de mover, rellenar o efectuar cualquier movimiento en la tubería.

4.3.4.3 Uniones por fusión térmica

Se debe hacer este tipo de uniones de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la tubería. La tubería puede ser unida fuera de la zanja, colocándola luego en su sitio, teniendo el cuidado necesario para no causarle daño.

4.3.5 Colocación y compactación del relleno en la tubería

Se debe colocar el material del encamado usando métodos que no afecten o dañen la tubería.

Se debe colocar y apisonar el material del acostillado en el área entre la plantilla y la parte inferior del tubo antes de colocar y compactar el resto del encamado en la zona del tubo. Siga las recomendaciones de compactación dadas en la Tabla 4.2. No se debe permitir que el equipo de compactación toque o dañe la tubería. Se deben usar técnicas y equipo que sean compatibles con los materiales usados y su distribución dentro de la zanja. Antes de usar un equipo pesado de compactación o construcción directamente sobre la tubería, se debe colocar suficiente material de relleno para prevenir daño, deflexión excesiva o cualquier otra perturbación a la tubería.

4.3.5.1 Densidad mínima

La densidad mínima del relleno debe ser establecida y corroborada por el ingeniero basado en evaluaciones de las condiciones específicas del proyecto, así como en la clasificación de suelos. En ausencia de esta evaluación las densidades mínimas dadas en la Tabla 4.2 proveen una

rigidez satisfactoria en el encamado para diferentes condiciones de instalación, con las cuales se espera lograr un módulo promedio de reacción del suelo (E') de 70 kg/cm² (1000 psi).

Foto 4.8 Densidad mínima



4.3.5.2 Consolidación hidráulica

La consolidación hidráulica de materiales no cohesivos debe hacerse bajo condiciones controladas y cuando lo apruebe el ingeniero. En todo momento se debe cumplir con el espesor de las capas a consolidar y las densidades mínimas dadas en la *Tabla 4.2*.

4.3.6 Cobertura mínima

Para no perturbar la tubería ni el encamado de la misma, una profundidad mínima sobre el tubo debe mantenerse, antes de permitir el paso de vehículos y equipo de construcción pesado sobre la zanja. La profundidad mínima sobre el lomo del tubo debe ser establecida por el ingeniero, basada en una evaluación específica de las condiciones del proyecto. En ausencia de esta evaluación deben emplearse los siguientes requerimientos mínimos de cobertura: para materiales de relleno Clase IA y Clase IB instalados a la densidad mínima dada en la *Tabla 4.2*, se debe proveer una cobertura (espesor de la capa de relleno sobre la tubería) de al menos 600 mm o el equivalente a un diámetro de tubo, lo que sea mayor, y una profundidad de al menos 36" (0.9m) o un diámetro del tubo (el que sea mayor). Para materiales clase II, III y IV-A de relleno, antes de permitir el tráfico

de vehículos o equipo de construcción sobre la superficie de la zanja, y una profundidad de al menos 1220 mm (48") antes de utilizar un martillo hidráulico para compactación. No utilice compactadores del tipo martillo hidráulico a menos que lo apruebe el contratista. En donde se presenten cargas de construcción excesivas (por ejemplo grúas, equipo de movimiento de tierras, etc.) la profundidad mínima se deberá incrementar de acuerdo a lo indicado por el contratista.

4.3.7 Conexiones en "Caídas Adosadas"

Se debe proveer soporte a la tubería que comúnmente se encuentre en las conexiones de servicio, bocas de limpieza y pozos de visita, para evitar el movimiento vertical o lateral. Se debe prevenir la transferencia directa del empuje provocado por las cargas superficiales y asentamientos, así como asegurar un soporte adecuado en los puntos de conexión a las líneas principales de tubería.

4.3.8 Exposición del tubo para hacer conexiones a tomas domiciliarias

Cuando se excava para hacer una conexión a una línea de servicios, se debe remover primero el material que se encuentra sobre la corona del tubo principal existente.

Antes de remover el material de los costados. Los materiales y la densidad del encamado de las tomas domiciliarias (previstas), deben cumplir con las especificaciones de las líneas existentes o con las de este manual, las que sean más estrictas. Ver MAPAS página 44 (obras accesorias en tubería de PVC).

Nota: Se requieren técnicas y consideraciones especiales de construcción cuando se instala más de un tubo en la misma zanja o en las zanjas adyacentes, para asegurar que se mantenga la integridad del relleno.

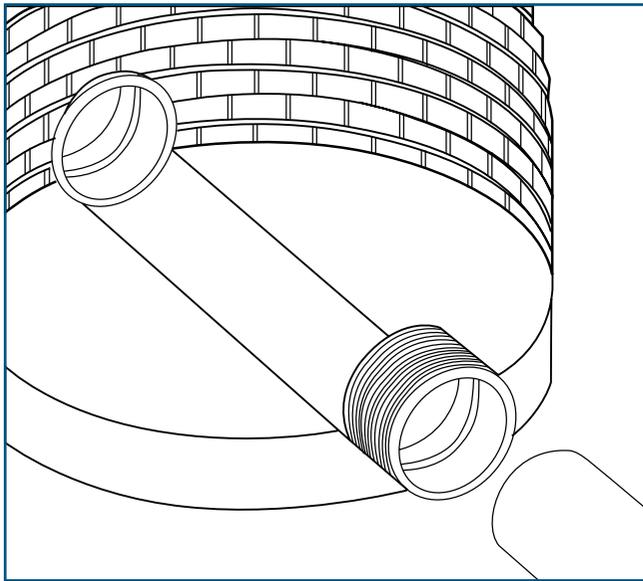
4.3.9 Tapas y tapones de tubería

Asegure las tapas y tapones al tubo para evitar su movimiento, que resultaría en fugas bajo presiones de prueba y de servicio.

4.3.9.10 Conexiones a pozos de registro

Se deben usar empaques, conexiones elásticas u otros sistemas flexibles, aprobados por el ingeniero, para que las conexiones sean herméticas en los pozos de registro y otras estructuras. (Ver Pozos construidos en sitio).

Figura 4.3 Conexiones a pozos de registro



4.3.9.11 Controles de campo

El cumplimiento del contrato referente a la instalación de la tubería, incluyendo la profundidad y ancho de la zanja, pendiente, las condiciones del agua, cimentaciones, el encamado y materiales de relleno, uniones, densidad de los materiales en el sitio y normas de seguridad, deben ser revisadas por el ingeniero con una frecuencia apropiada según los requerimientos del proyecto. Las especificaciones para pruebas de estanqueidad, aunque no están dentro del alcance de este manual, deben formar parte de las especificaciones para la instalación de tubería termoplástica, cuando sean aplicables.

4.4 Inspección

4.4.1 Inspección

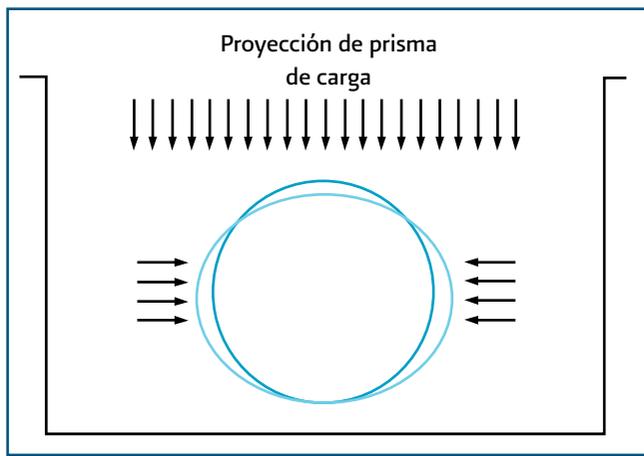
Se debe inspeccionar cada envío de tubería y accesorios antes de su aceptación, para determinar defectos y su conformidad con las especificaciones y el contrato. Se debe rechazar y apartar aquella tubería que no coincida con lo especificado. Si no se regresa al fabricante, debe ser desechada como lo disponga la ley.

A. Apéndice

- A.1 Todos aquellos relacionados con el desempeño de servicio de un tubo flexible enterrado deben entender los factores que pueden afectar este desempeño. De acuerdo a lo anterior, en este apéndice se encuentran consideraciones clave en el diseño e instalación satisfactoria de una tubería flexible termoplástica que proporcionan la base para el desarrollo de una buena práctica.
- A.2 Generalidades - Las condiciones subterráneas deben investigarse adecuadamente, antes de la construcción, para establecer los requerimientos de los materiales usados en cimentaciones, encamados y rellenos, así como los métodos de construcción. El tipo de tubería seleccionada debe estar de acuerdo con las condiciones de la obra.
- A.3 Desempeño carga/deflexión – La tubería termoplástica se considera como conductos flexibles ya que al recibir cargas se deforman (deflectan). La relación suelo-tubo provee una estructura capaz de soportar los rellenos de suelo y las cargas vivas de magnitud considerable. El diseño, las especificaciones y la construcción del sistema suelo-tubo deben tomar en cuenta que los materiales escogidos para el encamado deben ser seleccionados, colocados y compactados, de modo que el sistema suelo-tubo actúe conjuntamente para transmitir las cargas aplicadas sin deformaciones excesivas causadas por deflexiones o distorsiones concentradas de la pared de la tubería.
- A.4 Deflexiones en la Tubería – La deflexión de la tubería es el cambio en el diámetro del sistema suelo-tubo como resultado de los procesos de instalación de la tubería (deflexiones durante la construcción),

efectos de las cargas estáticas y cargas vivas aplicadas al tubo (deflexiones inducidas por la carga), y respuesta del suelo a lo largo del tiempo (deflexiones tardías). Las deflexiones inducidas de construcción y de las cargas constituyen la deflexión inicial de la tubería. Deflexiones adicionales dependientes del tiempo son atribuidas principalmente a cambios en el encamado y en el suelo del sitio así como a los asentamientos de la zanja. La suma de la deflexión inicial y de las dependientes del tiempo constituye la deflexión total.

Figura 4.4 Deflexiones en la tubería



A.4.1. Deflexiones debidas al proceso constructivo - Estas deflexiones son inducidas durante el proceso de instalación y el encamado de la tubería flexible aun antes de que se apliquen cargas significativas del suelo y la superficie. La magnitud de las deflexiones de construcción depende en gran medida del método de compactación de los materiales y del tipo de encamado, de las condiciones de agua en la zanja, de la rigidez de la tubería, de la uniformidad del soporte del encamado, de la redondez de la tubería y de la mano de obra utilizada en la instalación. Estas deflexiones pueden ser mayores que las producidas por las cargas subsecuentes. La compactación del relleno lateral puede dar como resultado una deflexión vertical negativa (que es un incremento en el diámetro vertical y una disminución en el diámetro horizontal de la tubería).

A.4.2. Deflexiones inducidas por cargas - Son el resultado de las cargas de relleno y otras cargas sobrepuestas aplicadas después de que la tubería ha sido recubierta. La "fórmula de Iowa", atribuida a Spangler y otros métodos han sido utilizados para calcular las deflexiones resultantes de éstas cargas.

A.4.3. Deflexión Inicial - Es la deflexión en el tubo ya instalado y cubierto. Es el total de las deflexiones de construcción y las inducidas por las cargas.

A.4.4. Factores dependientes del tiempo - Estos factores incluyen cambios en la rigidez del suelo en la zona del encamado de la tubería y del suelo nativo adyacente a la zanja, así como los cambios de carga generados por asentamientos en la trinchera (consolidación) a través del tiempo. Estos cambios comúnmente se suman a las deflexiones iniciales. Este tiempo puede variar de unos días a muchos años dependiendo del tipo de suelo, su colocación y la compactación inicial. Los factores que dependen del tiempo son comúnmente considerados mediante el ajuste de las deflexiones inducidas por la carga por un factor de deflexión tardía. El factor de deflexión tardía es la proporción de la deflexión final de carga inducida entre la deflexión inicial de carga inducida.

A.4.5. Deflexión Final - La deflexión final es la deflexión total de la tubería a largo plazo. Consiste en la deflexión inicial ajustada por los factores dependientes del tiempo.

A.5. Criterios de deflexión - Estos criterios son a menudo usados como límites de diseño y aceptación de la instalación de tubería flexible enterrada. Los límites de deflexión para sistemas de tuberías específicos pueden derivarse de consideraciones estructurales y prácticas. Las consideraciones estructurales influyen en la tubería, fluencia, resistencia, deformación y distorsiones locales. Las consideraciones incluyen factores tales como requerimientos de flujo, facilidades para la inspección, la limpieza y el mantenimiento del sello de las uniones. Los límites de deflexión inicial y final

deben basarse en las propiedades estructurales disponibles con la aplicación de factores adecuados de seguridad.

A.6. Control de deflexión – Los materiales para el encamado deben ser seleccionados, instalados y compactados para minimizar la deflexión total y para mantener, bajo cualquier circunstancia las deflexiones en la instalación dentro de los límites especificados. Los métodos de instalación, compactación y control de humedad deben ser seleccionados con base en los tipos de suelo clasificados en la *Tabla 4.1* y en las recomendaciones de la *Tabla 4.2*. La deflexión total inducida por la carga es principalmente una función de la rigidez de la tubería y del sistema de encamado del suelo. Otros factores importantes para el control de deflexiones se describen a continuación.

A.6.1. Relleno del Acostillado del Tubo – La ausencia de una adecuada compactación del material de encamado en la zona del acostillado puede resultar en una considerable deflexión, puesto que este material es el que soporta la carga vertical aplicada a la tubería. Un objetivo clave para la instalación de la tubería termoplástica flexible (o cualquier otro tipo de tubería), es trabajar en la compactación del material bajo la zona baja de la tubería para asegurar un contacto completo con el fondo de la tubería y para rellenar los vacíos debajo de la misma.

A.6.2. Densidad del relleno – Los requisitos de densidad del encamado deben ser determinados por el ingeniero con base en los límites de deflexión establecidos para la tubería, la rigidez de la misma y el control de calidad de la instalación, así como también las características del suelo in situ y la compatibilidad de los materiales de relleno usados. Las densidades mínimas dadas en la *Tabla 4.2* están basadas en un módulo promedio de reacción del suelo (E') de 70 kg/cm^2 (1000 psi), de acuerdo a la *Tabla 4.3*, que relaciona la rigidez del suelo con los tipos y grados de compactación del mismo. Para instalaciones particulares, el ingeniero a cargo del proyecto debe verificar que la densidad especificada cumpla con los requisitos de desempeño.

A.7 Métodos de compactación– Lograr la densidad deseada para un material específico depende de los métodos usados para aplicar la energía de compactación. Material limpio y granulado como piedra triturada, grava y arena son más fáciles de compactar mediante equipo vibratorio que otros materiales. Mientras que el material fino, con alta plasticidad, requiere de un mayor apisonamiento (fuerza de impacto) y un contenido de agua controlado para lograr las densidades requeridas. En la instalación en zanjas, se recomienda el uso de: compactadoras manuales (bailarinas), no sólo para prevenir daños en la tubería, si no también, para asegurar la compactación completa en áreas cercanas a la tubería o a lo largo de las paredes de la zanja. Por ejemplo, compactadoras de planchas vibratorias trabajan bien con material granular de Clase I y II, mientras que las compactadoras manuales son convenientes para materiales finos plásticos de los grupos Clase III y IV-A. Rodillos vibratorios pequeños proveen vibración y apisonamiento o fuerza de impacto y por lo tanto es útil para muchas clases de materiales de encamado y relleno.

A.8. Migración – Cuando se coloca material granular y de granulometría abierta junto a material fino, éste último puede migrar dentro del material granular debido al gradiente hidráulico del flujo de agua subterránea. Gradientes hidráulicos significativos pueden presentarse durante la excavación de una trinchera cuando los niveles de agua están siendo controlados por métodos de bombeo o pozos, o después de la construcción cuando subdrenes permeables o los materiales de encamado actúen como un drenaje “francés” bajo la acción de niveles altos de aguas subterráneas. La experiencia de campo muestra que la migración puede generar en una pérdida significativa de soporte para la tubería y la continua deflexión puede exceder los límites de diseño. La graduación y el tamaño relativo del encamado y el material adyacente deben ser compatibles para minimizar la migración. En general, cuando se prevean flujos de agua subterránea importantes, debe evitarse el colocar material granular y de granulometría abierta como los de Clase IA por encima, debajo o adyacente a materiales finos, a menos que se

empleen métodos para impedir la migración como filtros de piedra o filtros de geotextil a lo largo de las fronteras de los materiales incompatibles. Para evitar la pérdida de soporte de la tubería a causa de migración de partículas finas provenientes de las paredes de la zanja dentro de los materiales de relleno de granulometría abierta, es suficiente seguir las especificaciones mínimas de anchura del relleno en A.10.

A.8.1. Los siguientes criterios de graduación deben ser utilizados para restringir la migración de partículas finas hacia los vacíos del material granular bajo el gradiente hidráulico:

A.8.1.1. $(D_{15}/d_{85}) > 5$ donde D_{15} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15% del peso del material más grueso y d_{85} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 85% del peso de material más fino.

A.8.1.2. $(D_{50}/d_{50} < 25)$ donde D_{50} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50% del peso del material más grueso y d_{50} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50% del peso de material más grueso. Este criterio no será aplicable si el material más grueso es bien graduado.

A.8.1.3 Si el material más fino es una arcilla con plasticidad de media a alta sin arena o limo (CL o CH), los siguientes criterios pueden ser usados en lugar de A.8.1.1: $(D_{15} < 0.5)$ donde D_{15} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15% del peso del material más grueso.

A.9. Tamaño máximo de la partícula – limitar el tamaño de partícula del material de relleno a 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") o menor, mejora la colocación de este material para tubería de tamaño nominal de 200 mm (8") hasta 380 mm (15"). Para tubería más pequeña, el tamaño de partícula debe ser aproximadamente un 10% del diámetro nominal de la tubería.

A.10. Ancho del relleno para un soporte adecuado – En ciertas condiciones, un ancho mínimo de material de relleno es requerido para asegurar que la adecuada rigidez del mismo se desarrolla para soportar la tubería. Estas condiciones se presen-

tan donde la resistencia lateral del suelo in-situ es insignificante, tal como un suelo in-situ muy pobre (por ejemplo suelo orgánico, suelo saturado o material altamente expansivo) o lo largo de terraplenes en carreteras. Bajo estas condiciones y para una tubería de diámetro pequeño (300 mm (12") o menos), el encamado debe ser colocado y compactado hasta un punto de al menos 2.5 diámetros de tubería para cada lado de la misma. Para tubería mayor de 300 mm (12"), el ingeniero debe establecer el ancho mínimo del encamado basado en una evaluación de parámetros como rigidez de la tubería y rigidez del encamado, la naturaleza del suelo in-situ y la magnitud de la carga de servicios y construcción.

A.11. Grumos, terrones y cantos rodados – El material de relleno debe estar libre de grumos, terrones, cantos, materia congelada y escombros. La presencia de estos materiales en el encamado puede impedir una compactación uniforme y dar como resultado deflexiones excesivas localizadas.

A.12. Otros criterios de diseño y construcción – El diseño y la construcción de sistemas de tubería deben considerar condiciones que puedan inducir a esfuerzos cortantes excesivos, flexión longitudinal o compresión por carga en la tubería. Cargas vivas aplicadas por equipo de construcción y tráfico permanente pueden resultar en una deflexión grande y acumulada de la tubería si ésta es instalada con un encamado de alta densidad y poca profundidad. Otras fuentes de carga sobre la tubería enterrada son: congelamiento y descongelamiento del suelo cercano, niveles freáticos fluctuantes, presiones hidrostáticas debidas a aguas subterráneas y cargas concentradas por asentamientos diferenciales; tales como: pozos de visita o cimientos de edificios. Donde se asume que existen cargas externas excesivas la tubería debe ser instalada dentro de estructuras más rígidas que limiten la carga sobre ésta.

A.13. Pruebas de deflexión – Para asegurar que los límites especificados de deflexión no sean excedidos, el ingeniero puede solicitar pruebas de deflexión de la tubería usando aparatos de medición. Las pruebas de deflexión se deben realizar, con mínimo 30 días después de la instalación para permi-

tir que la estabilidad del sistema tubería-suelo, se haya alcanzado. Sin embargo, como una medida de control de calidad, verificaciones periódicas de deflexión pueden ser hechas durante la instalación.

A.13.1 Entre las opciones de aparatos para las pruebas de deflexión se encuentran deflectómetros electrónicos, televisores calibrados o

cámaras de vídeo, o un calibrador apropiado “pasa, no pasa”. Las mediciones de la deflexión pueden ser hechas directamente con reglas de extensión o cintas de medición en aquellos tramos que permitan un acceso seguro en las tuberías. Para asegurar la precisión en las mediciones, se deben limpiar las líneas antes de hacer las pruebas.

Tabla 4.3 Clasificación de suelos y valores del E' (Módulo de reacción del suelo modificado kg/cm²)

Tipo de suelo		E' según grado de compactación y tipo de material (kg/cm ²)			
Clase de suelo	Suelo según ASTM D2487	Suelto	Compactación ligera < 85%	Compactación moderada 85% - 95%	Muy compacto > 95%
V	Suelos orgánicos del tipo OL, OH y suelos que contienen desechos y otros materiales extraños	No se acepta en ningún caso éste material como material de encamado o relleno			
IVB	Suelos finos LL > 50 suelos con media a alta plasticidad CH, MH, CH-MH	No existe información, consulte con un mecánico de suelos o utilice E2 = 0			
IVA	Suelos finos, LL < 50 sin plasticidad a media plasticidad, CL, ML, ML-CL con menos de 25% de partículas gruesas	3.5	14	2.8	70
IVA - III	Ídem anterior pero con más de 25% de partículas gruesas	7	28	70	140
III	Suelos gruesos con más de 12% de finos GM, GC, SM, SC	7	28	70	140
II	Suelos gruesos con menos de 12% de finos GW, GP, SW, SP	17	70	140	210
IA - IB	Piedra quebrada	70	210	210	210

Sección 5 Tubería de concreto

5.1 Recepción y descarga

5.1.1 Recepción de tubería

Se debe revisar cuidadosamente que el tubo no esté agrietado o roto por falla de fabricación o manipulación.

Revisar si está roto o agrietado a consecuencia de un transporte inadecuado o maniobras indebidas tanto en la descarga como en el almacén del mismo.

Foto 5.1 Recepción de Tubería



5.1.2 Descarga de tubería

La descarga de tubería en la obra, se hará de manera distinta dependiendo del diámetro del tubo. Descargar los tubos correctamente nos ahorra trabajo y nos evita pérdida.

Para la tubería de 150 mm (6") a 450 mm (18") de diámetro y no mayores a 1500 mm (60") de longitud se recomienda de forma manual como se muestra en la figura para una descarga segura y practica:

Tuberías de diámetros de 300 mm (12") o mayores con longitud hasta 2500 mm, la descarga se recomienda hacerla con equipo mecánico adecuado, siempre y cuando las condiciones de la obra lo permitan.

Figura 5.1 Para descargar los tubos tendran que rodarlos sobre polines de madera

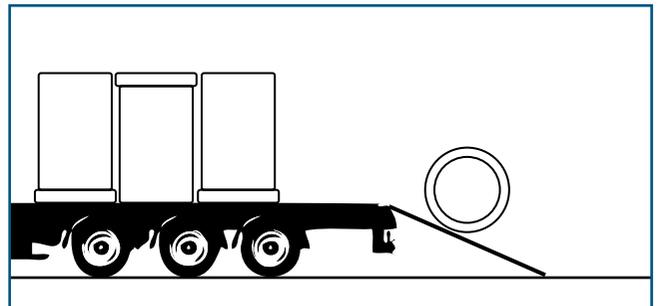


Figura 5.2 No se deben arrojar los tubos de la plataforma

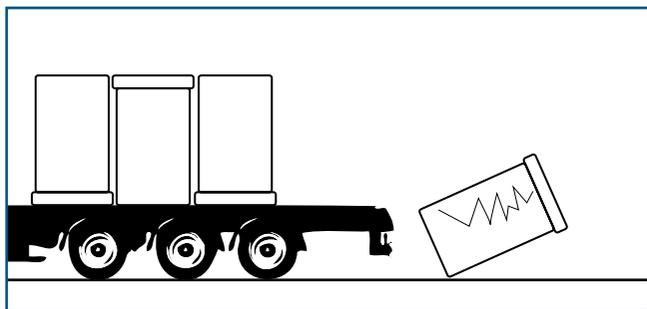


Figura 5.3 Polines de Madera se recomiendan para una correcta descarga manual

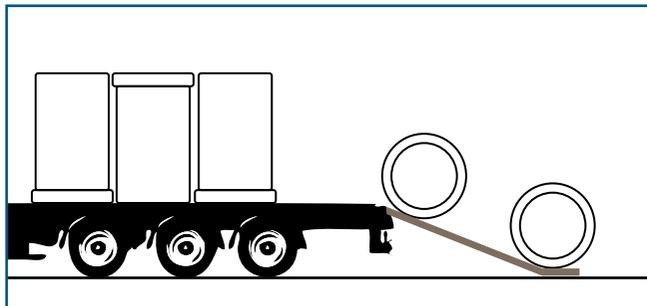


Foto 5.2 Accesorio (pinza) para maniobra (levante) de tubería de diámetros mayores



Foto 5.3 y 5.4 Ejemplos de levante de tubería.



Nota: En caso de que el tubo tenga que ser desplazado por rodamiento, se recomienda que se coloquen tabloncillos de madera, para guiar el tubo y éste no sufra daño en espiga o caja.

Foto 5.5 y 5.6 Rodamiento de tubo



5.1.3 Estiba

Para almacenar correctamente los tubos con campana o caja se colocarán polines para soportar el barril del tubo.

Foto 5.7 Poner cuñas de madera o en su defecto piedras para que el tubo no ruede.



Foto 5.8 y 5.9 Estibar los tubos apoyando la campana o caja con la espiga.

Correcto



Incorrecto



Tabla 5.1 Estiba de tubería en obra (recomendación).

Diámetro mm	Números de estiba máxima
150 – 380	4
450 – 900	2
1070 o mayores	1

5.2 Preparación del terreno

Las fuerzas de soporte requeridas por un tubo de concreto enterrado están determinadas por la carga total que es impuesta al tubo. La magnitud de la carga se ve afectada por la uniformidad y estabilidad del soporte que proporciona el suelo, así como por las condiciones alrededor y sobre el propio tubo.

La tubería que se instala en el subsuelo se denomina “tubería subterránea”, clasificándose en grupos y subgrupos, considerando para tal fin las condiciones de instalación que generará la carga en las paredes del tubo; existen dos clases principales:

- a) Instalación en zanja.
- b) Instalación en terraplén.

En la *Tabla 5.2* se especifican las condiciones de instalación de la tubería de concreto cuando se implementa.

Tabla 5.2 Anchos de zanja, plantilla y colchón mínimo, recomendados por MAPAS

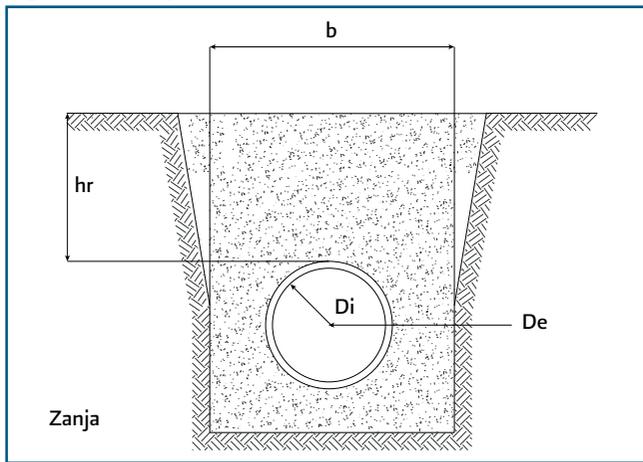
Diámetro normal mm	Ancho		Plantilla		Colchon mínimo	
	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
150	540		80		300	
200	600		80		300	
250	680		80		300	
300	760	800	80	80	300	300
380	910	910	80	80	300	300
450	1020	1020	80	80	300	300
610	1200	1200	80	80	300	300
760		1500		80		300
910		1700		80		300
1070		1900		80		300
1220				80		300
1520				80		300
1830				90		300
2130				110		300
2440				120		300
3050				150		300

La instalación de tubería en terraplén, se divide además en: instalación en terraplén franco (proyección positiva), instalación en zanja terraplenada (proyección negativa) e instalación en zanja inducida. Las características de cada uno de los tipos de instalación descritos se indican en las figuras siguientes:

5.2.1 Zanja

Este tipo de instalación se utiliza en donde se coloca el tubo sobre una plantilla y su relleno de acuerdo a especificaciones del proyecto.

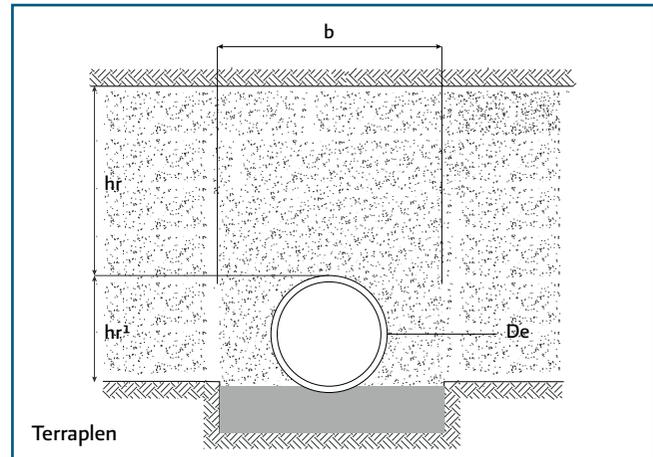
Figura 5.4 Zanja



5.2.3 Terraplén

Éstas son utilizadas cuando los taludes son muy pronunciado se recomienda extender el material en capas de espesor suficientemente uniforme y compactarlos a su vez.

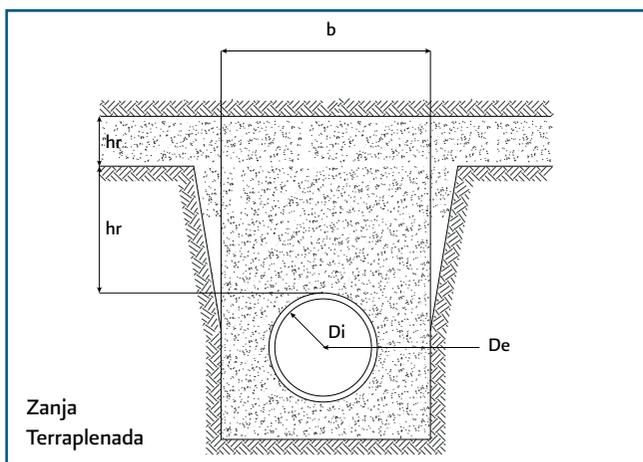
Figura 5.6 Terraplén



5.2.2 Tipo de zanja terraplenada

Es cuando un tubo se coloca en una zanja y sobre de ella se desplantara un relleno que producirá un terraplén de mediana altura.

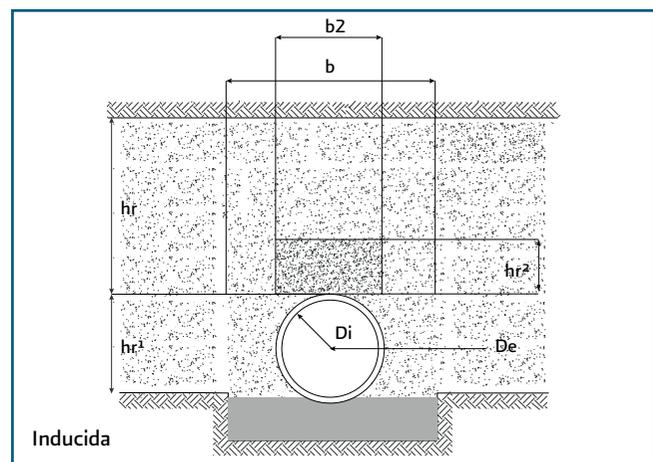
Figura 5.5 Zanja terraplenada



5.2.4 Zanja Inducida

Cuando el material del terraplén se ha colocado sobre el lomo de tubo a una altura dos o tres veces el diámetro del éste, se procede a excavar una zanja sobre él, la cual se rellenará con material compresible con menor peso específico. Esta acción reduce significativamente la carga actuante incidente en el tubo.

Figura 5.7 Zanja inducida



5.2.4.1 Instalación de Tubería

Múltiple Inducida

Una instalación de múltiples tubos consiste en la colocación de dos o más, en condiciones de una sola zanja o terraplén. Este procedimiento de instalación es comúnmente utilizado en donde los requisitos restrictivos impiden el uso de un único tubo de diámetro mayor, o donde se instala un alcantarillado sanitario y un pluvial en la misma zanja a diferentes elevaciones.

Zanja plana

En la mayoría de los casos, es más práctico instalar múltiples tubos en una zanja ancha única, en vez de utilizar una zanja para cada línea. Ya que la tubería múltiple se emplea generalmente cuando existen condiciones restrictivas (poco profundas) y la zanja es extraordinariamente amplia, la instalación de terraplén con saliente positiva representa con mayor similitud la carga real sobre los tubos y se utilizará para el análisis de esta condición de diseño.

Las instalaciones estándar tienen requisitos de compactación específicos para el suelo en el área de los costados y lados inferiores para cada instalación. El diseñador debe proporcionar un espacio adecuado entre las tuberías que sea apropiado para el método de compactación del suelo en las zonas de los costados y lados inferiores. Ya que la compactación del suelo en el espacio entre las varias tuberías presentará dificultades en la mayoría de los casos, se deberá tener cuidado por parte del diseñador al seleccionar el tipo de instalación y el material de encamado para las instalaciones planas de varias tuberías.

Cuando se utilizan secciones de los extremos precoladas en múltiples líneas de pasos de agua (alcantarillas), el espacio deberá tener la capacidad para alojar el ancho de las secciones del extremo.

La tercera parte de en medio del área de encamado bajo cada tubería es un encamado suelto colocado sin compactar. La intención es mantener un encamado ligeramente blando para que el tubo se asiente en el encamado y se logre una distribución de cargas óptima. La secuencia óptima de construcción es colocar el encamado compactado al grado especificado, instalar el tubo, colocar el relleno compactado arriba de la parte media

del tubo, y revisar; y posteriormente colocar y compactar la zona de los costados hasta la línea central del tubo.

Para compactar correctamente el suelo en la zona de los costados, podría ser necesario aumentar las dimensiones de Y y Z más allá de $D_o/6$. (Ver figura 5.31)

La selección de la resistencia del tubo con el método de diseño indirecto requiere de seis pasos: determinar la carga estática, determinar la carga en movimiento, seleccionar el encamado, determinar los factores de encamado para la carga estática y en movimiento, aplicar el factor de seguridad, y seleccionar la resistencia del tubo.

5.2.5 Hincado

Es la instalación de tubería de concreto por medio de empuje axial a través del microtuneleo, sin la necesidad de abrir zanja. Cuando se realizan cruces bajo carretera, ferrocarril, pistas de aeropuerto y en general pasos de difícil ejecución en los que no sea posible la realización de una zanja a cielo abierto sin generar afectaciones, se utilizarán tubos para hincar; también se utilizarán en aquellos otros casos en los que por la profundidad de la zanja o la dificultad de ejecución, resulte económicamente ventajosa la adopción del siguiente procedimiento.

Procedimiento de hincado

El procedimiento usual para utilizar el hincado con el tubo de concreto es equipar el borde delantero del primer tubo con un escudo con la finalidad de proteger a la gente y al tubo. Este método se emplea en la minería manual. Cuando se utiliza una máquina de perforación, el extremo posterior de esta máquina se adapta al tubo en el que se usa el hincado.

Al añadir tramos sucesivos de tubo entre el primer tubo y el hincado, y el tubo es empujado por medio de gatos hidráulicos hacia delante, se excava el suelo y se remueve a través del tubo. El material se maneja con cuidado y la excavación no precede a la operación de hincado más de lo requerido.

Este procedimiento resulta en una menor afectación de los suelos naturales que rodean al tubo. Los contratistas generalmente consideran conveniente el revestir la parte exterior del tubo con lubricante, tal como bentonita, para reducir la resistencia de fricción entre el tubo y el suelo.

En la mayoría de los casos, este lubricante se bombea a través de accesorios especiales que se instalan en la pared del tubo. Es aconsejable continuar con las operaciones de método de hincado durante 24 horas al día hasta terminar, debido a la tendencia del tubo empujado con el hincado a asentarse cuando el movimiento hacia adelante se interrumpe aunque sea unas pocas horas, lo cual causará una significativamente mayor resistencia de fricción.

5.2.5.1 Tubería de concreto reforzado para hincado con pared a medio espesor

Es la tubería con tipo de unión caja-espiga con junta hermética, que lleva en el extremo de la caja un refuerzo de placa de acero de espesor de 3.1 mm y un ancho de 30 mm llamado "virola", colocado en el perímetro exterior del tubo sobre la hembra, mismo que va anclado firmemente al refuerzo circular del tubo.

La virola no debe estar sobrepuesta y debe ser paralela al perímetro exterior del tubo. Cabe señalar que debe llevar un refuerzo especial (estribos), para resistir los esfuerzos cortantes en el momento del empuje en la espiga del tubo, manteniendo una cobertura de concreto definida por el fabricante.

5.2.5.2 Juntas

Las uniones de los tubos deben hacerse mediante la unión de la virola exterior con la espiga del tubo, sellando herméticamente con un anillo de hule que queda entre la virola y espiga.

5.2.5.3 Graseras

El tubo puede llevar una o más graseras que son perforaciones que se realizan cuerpo del tubo que van de 25.4 mm a 101.6 mm (1" a 4") de diámetro, para la inyección de bentonita principalmente. A solicitud del contratista, pueden tener adaptado un tubo de acero o cople con cuerda hacia el interior para la colocación de las mangueras de inyección. El tamaño y la ubicación de ellas deben ser definidos en el diseño del proyecto.

5.2.5.4 Tubería de concreto reforzado para hincado de pared a todo espesor

Es la tubería con tipo de unión virola-espiga cuya función es aprovechar el mayor espesor de la tubería posible como área de contacto o de empuje lleva un refuerzo de placa de acero con un espesor mínimo de 9.5 mm y un máximo de 12 mm, y un ancho mínimo de 220 mm y un máximo de 300 mm llamado virola, colocado en el perímetro exterior, haciendo la función de la caja del tubo, misma que va anclada al refuerzo circular del tubo.

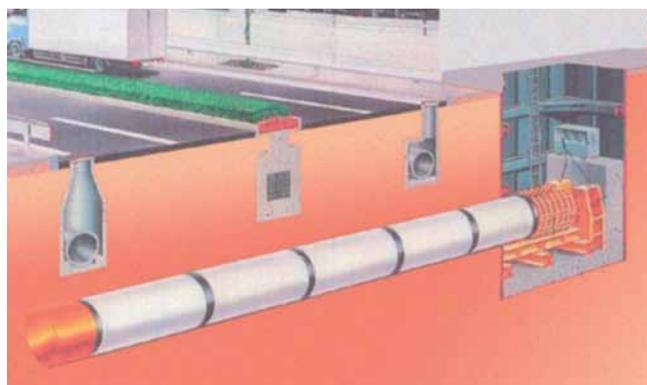
Cabe señalar que debe llevar un refuerzo especial (estribos) o mayor área de acero en la espiga para resistir los esfuerzos cortantes en el momento del empuje.

Este tipo de tubo tiene mayor capacidad para soportar los esfuerzos de compresión longitudinal, en comparación con el espesor medio, por tal motivo el proyecto requiere un menor número de estaciones de gateo intermedias o se puede instalar una mayor longitud continua de hincado.

Foto 5.10 Hincado de tubería en obra



Figura 5.8 Ejemplo de Construcción Hincado de Tubería



5.2.5.5 Tubería Concreto reforzado con revestimiento interior (CRR).

La tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRR) se fabrica bajo las mismas especificaciones de las tablas del tubo de concreto reforzado, y bajo la norma NMX-C-402-ONNCCE (Vigente). Este puede ser de revestimiento interior de PVC o PEAD. El espesor mínimo del revestimiento deberá ser de 1.5 mm para ambos materiales y el tubo deberá ser unido entre sus extremidades interiores con una banda de unión y soldadura por ambos extremos de la banda, ya sea por termofusión en caso del PVC o extrusión para el PEAD. El recubrimiento le da al concreto una protección adicional y permanente contra el desgaste en ambientes altamente corrosivos, además de prolongar la vida útil de los conductos hasta por 100 años. Este revestimiento se ancla mecánicamente al concreto al momento de su fabricación mediante unas anclas adheridas a la lámina plástica y el concreto queda ahogado en dicho anclaje, cuya forma puede variar dependiendo del fabricante. Se puede especificar este recubrimiento a 360 grados o menos, pudiendo dejar al descubierto la parte interna inferior si es requerido cuando los métodos de limpieza y desazolve así lo especifiquen.

Figura 5.9 La Banda de Unión que une tubo con tubo creando un tramo de pozo a pozo

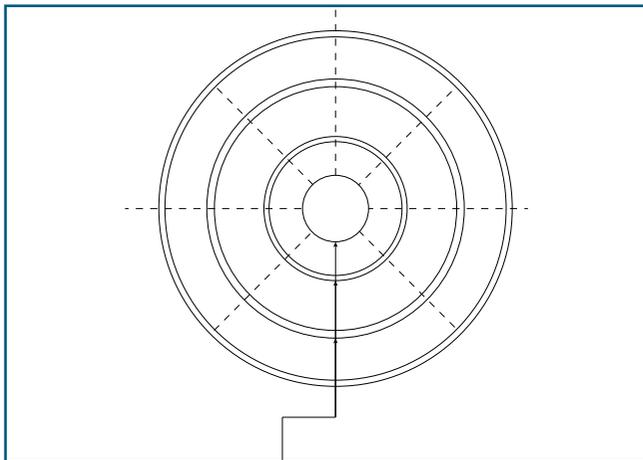
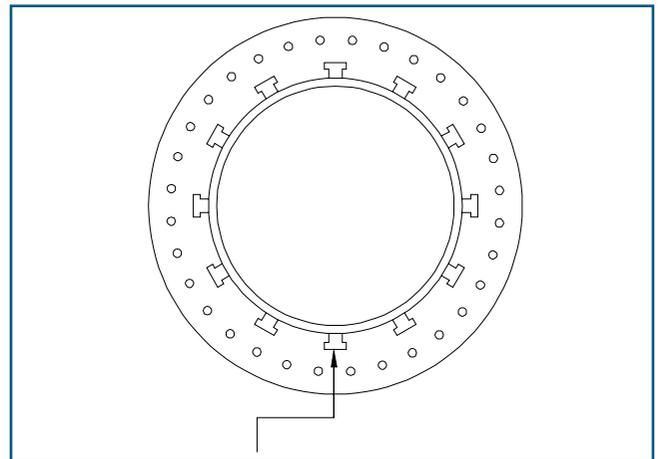


Figura 5.10 El anclaje del revestimiento se adhiere al concreto deforma mecánica y permanente



5.3 Instalación

5.3.1 Manejo, colocación de la junta hermética y ensamble de tubería

5.3.1.1 El Manejo de la Tubería

Dependerá del diámetro, longitud y peso se recomienda utilizar alguna de las siguientes herramientas:

El contratista o instalador deberá verificar que el equipo con el que pretende manipular la tubería, tenga la capacidad suficiente para soportar el peso del tubo a instalar, (se sugiere solicitar al fabricante los pesos y dimensiones de la tubería a utilizar).

Cuando el cliente requiera orificio de maniobra en la tubería, debe solicitarlo al fabricante con anticipación para que sea hecha en el proceso de fabricación y así evitar daños estructurales en el tubo (el sellado hermético del orificio de maniobra es responsabilidad del instalador o contratista).

Foto 5.11 a) Eslinga



Foto 5.12 b) Pinza (de maniobra)



Foto 5.13 c) Con orificio de maniobra



Foto 5.14 d) Estrobo de acero

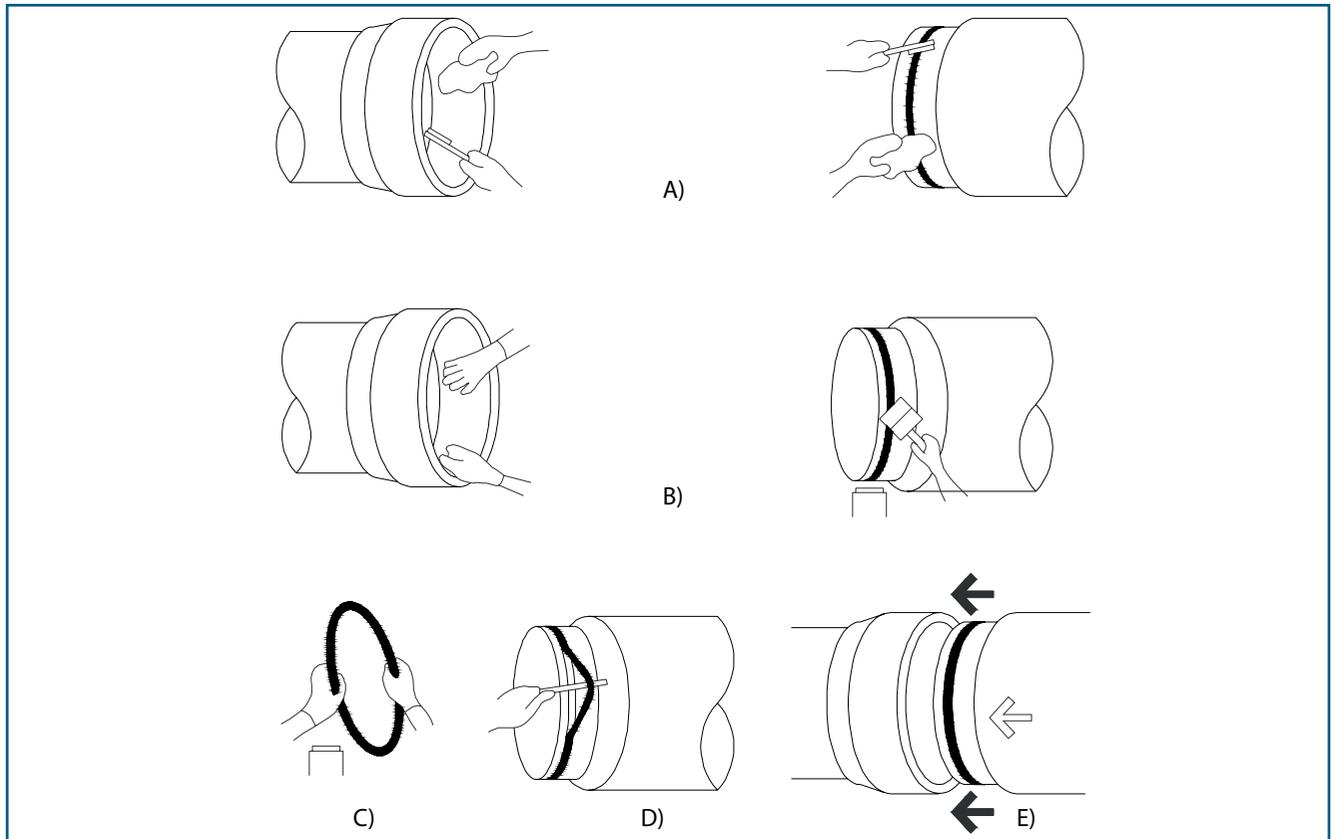


5.3.2 Colocación de la junta hermética

Para la preparación de las extremidades de los tubos se sigue una serie de pasos que a continuación describimos conjuntamente con la colocación de la junta hermética en la espiga para su posterior instalación.

- a) Verifique que tanto espiga y campana este limpio de polvo, rebabas, terrones de arcilla o cualquier otro material extraño a la tubería.
- b) Verificar con el fabricante el tipo de empaque del producto a instalar. Cuando se requiera lubricar la superficie interior de campana, espiga o empaque, con un producto recomendado por el fabricante, antes de ser instalado.
- c) Limpie cuidadosamente el enchufe espiga especialmente en la zona de alojamiento de la junta, colocar la junta de hule en la espiga, y colocarla de acuerdo a la recomendación del fabricante.
- d) Realizar el ajuste de la junta de hule con un desarmador u otro tipo de herramienta que facilite esta operación, en toda la circunferencia por lo menos dos veces, con el propósito de estabilizar la tensión del empaque.
- e) Alinear concéntricamente la campana y espiga de los tubos que van a ser unidos, comprobar que la junta de hule hace contacto uniforme con la zona interior de la campana, en el perímetro de toda la circunferencia.

Figura 5.11 Colocación de la junta



5.3.3 Ensamble de tubería con junta hermética

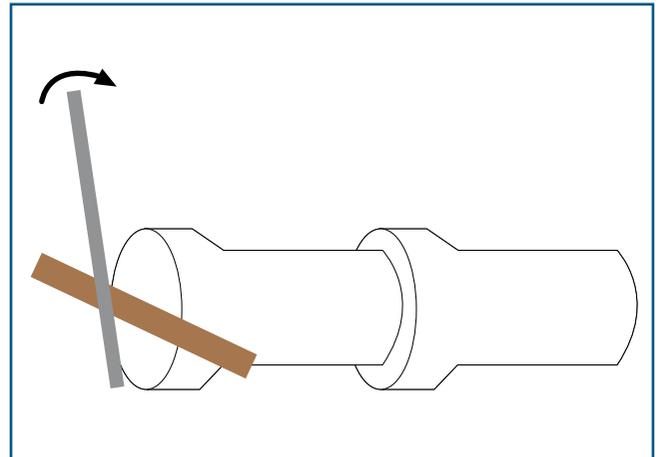
Se deberá de consultar con el fabricante del tubo, la necesidad o no de lubricar el anillo, la campana o los dos. Dentro de las juntas de hule más comúnmente utilizadas se encuentran las siguientes:

- a) "O" ring, con lubricante
- b) De gota, es junta sin lubricante
- c) De cuña u Off-set, con lubricante.
- d) Arpón, con lubricante

El procedimiento de acoplamiento dependerá del tamaño de la tubería. En tubos pequeños el procedimiento es acuñar una barra contra una tabla colocada horizontalmente cruzando el lado acampanado del tubo.

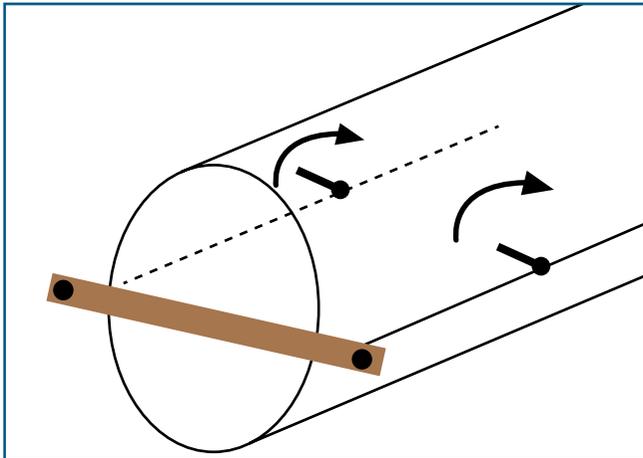
Posteriormente se debe de presionar de manera que la tabla inserte la tubería (Figura 5.12).

Figura 5.12 Ensamble manual



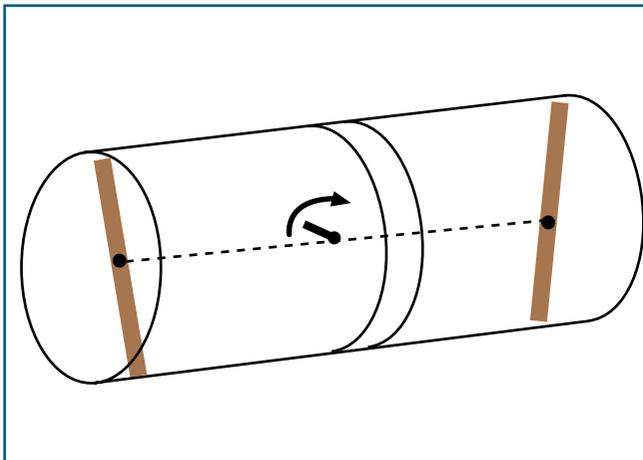
En tubos medianos (610 mm a 1220 mm), se utilizan dispositivos mecánicos a lo largo de la tubería, los cuales son asegurados a una sección del tubo instalado varios tramos atrás y unidos por un tablón atravesado. Por fuerza mecánica la junta es llevada a posición de unión (Figura 5.13).

Figura 5.13 Ensamble mecánico



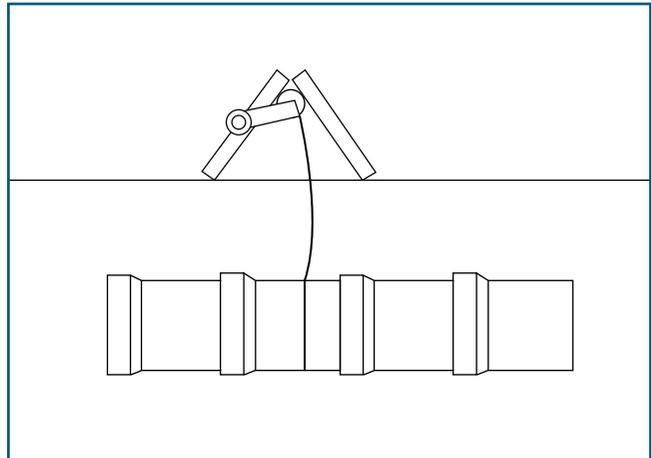
En tubos de 1520 mm a se debe de colocar una viga en un tubo instalado algunas secciones atrás. A esta viga se le une otra mediante algún jalador mecánico de manera que tenga apoyo. Por fuerza mecánica la junta es llevada a la posición de unión (Figura 5.14).

Figura 5.14 Ensamble mecánico



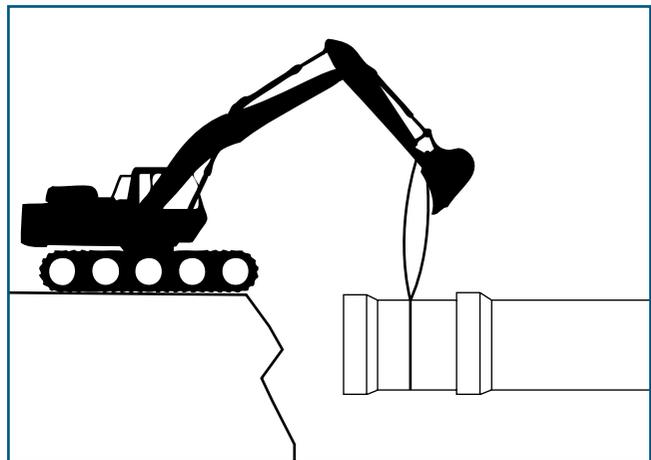
a) Instalación del tubo Grande con empuje de gato hidráulico.

Figura 5.17 Palanca mecánica y polín



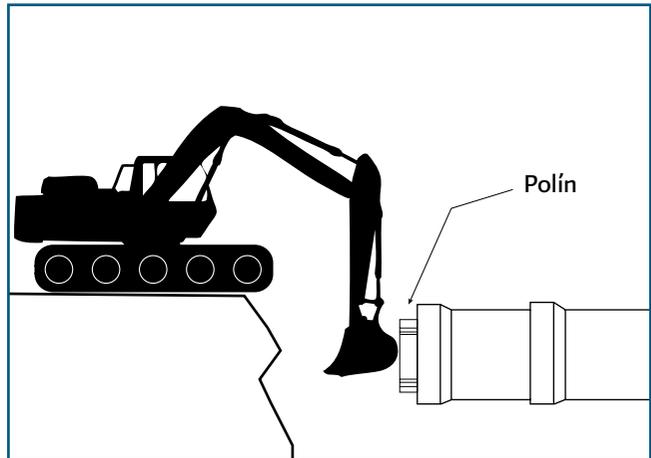
b) Instalación del tubo con maquinaria y estrobo.

Figura 5.16 Maquinaria y estrobo



c) Instalación del tubo con empuje directo de pala mecánica y polín de madera entre el tubo y la pala.

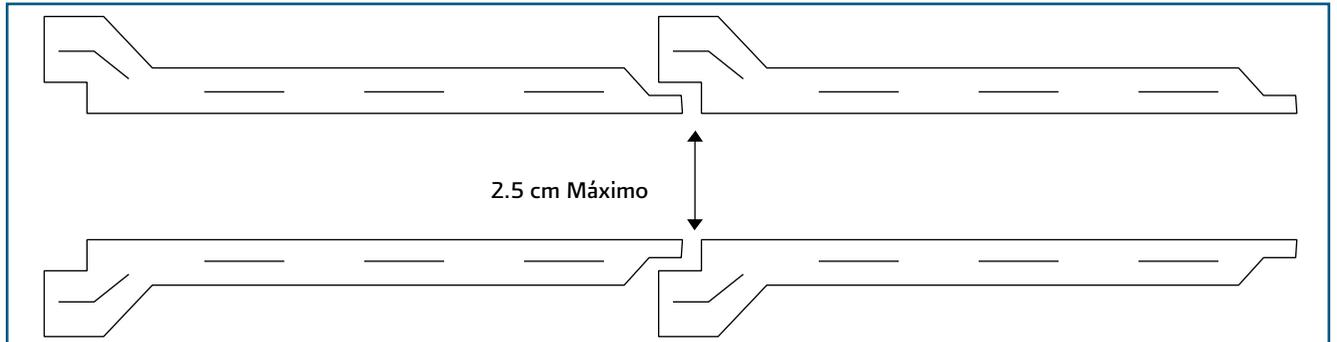
Figura 5.17 Palanca mecánica y polín



En todos los tipos de instalación recomendados anteriormente, se deberá cuidar que el acoplamiento quede alineado y revisar que el empaque este colocado apropiadamente. Al igual que el nivel y la pendiente sean acordes al proyecto.

Nota: Es importante mencionar que en el ensamble, se debe dejar entre tubo y tubo una separación recomendada por el fabricante, para permitir una flexión en las uniones, en caso de asentamientos o movimientos del suelo, como se muestra en la *Figura 5.18*.

Figura 5.18 Separación recomendada



5.3.3.1 Es muy importante en la construcción de una cama nivelada y bien compactada (no dejar ningún borde sobre la cama que evite que el tubo apoye perfectamente).

Figura 5.19 Proceso incorrecto tubo apoyado sin cama

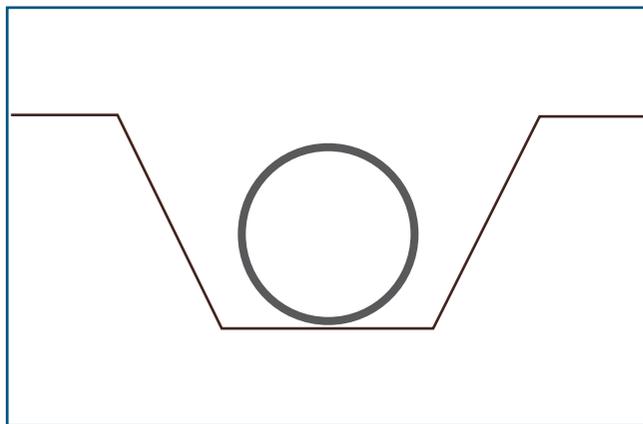


Figura 5.21 Proceso correcto cama nivelada y compactada

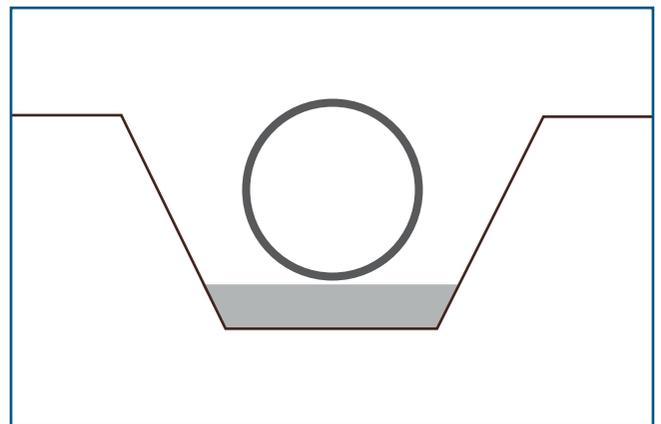
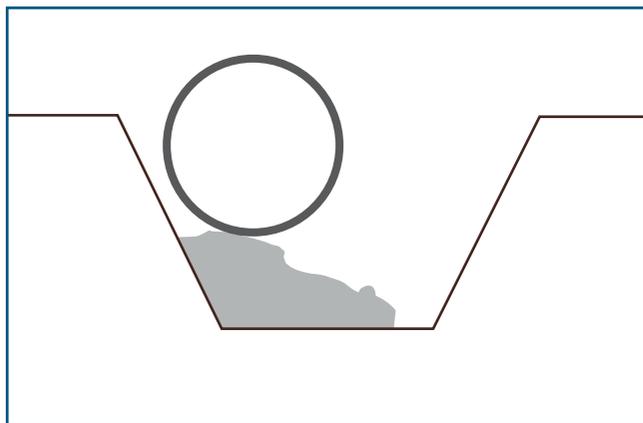


Figura 5.20 Proceso incorrecto Tubo mal nivelado y mal compactado



5.3.4 Alineamiento

Teniendo colocado la junta correctamente en la espiga del tubo que se va ensamblar se baja a la cepa y se alinea. Dicho tubo se acerca a que roce la junta de hule con la orilla de la campana del tubo colocado en la cepa, cuidando que haya entrado pareja la junta como se muestra en las siguientes ilustraciones.

Tener un alineamiento correcto e iniciar una colocación del tubo de aguas abajo a aguas arriba (la campana o caja quedará preferentemente aguas arriba).

Figura 5.22 Abrir caja donde apoya la campa, para que apoye el barril del tubo

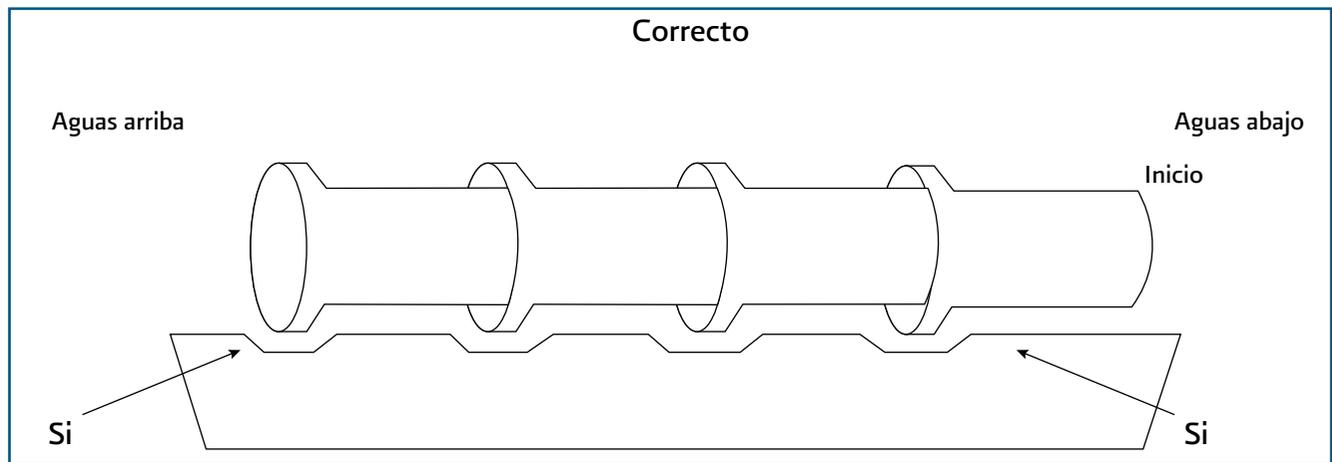


Figura 5.23 Que no cargue la campana el tubo

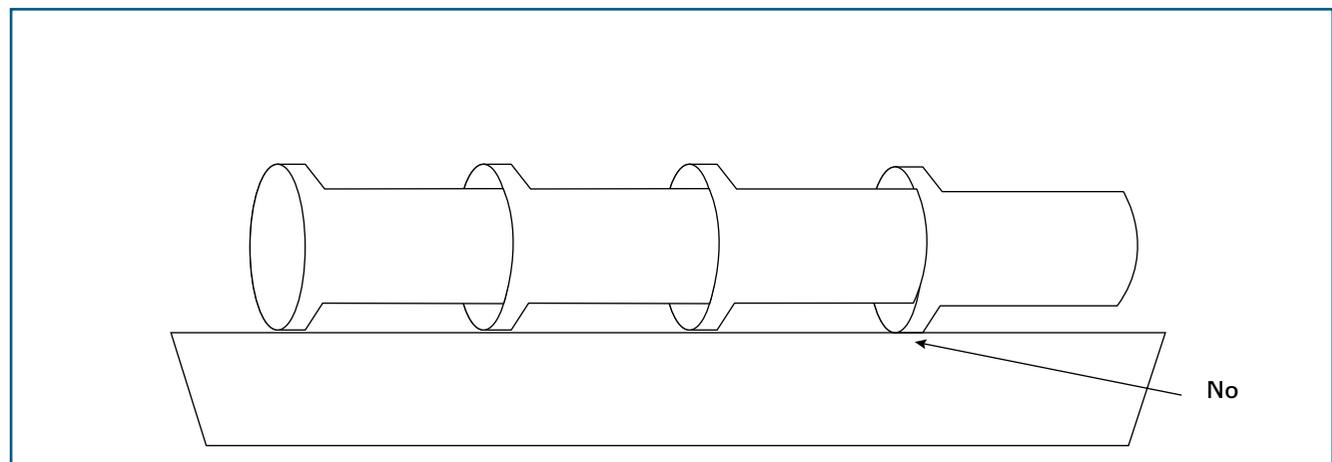


Figura 5.24 El soporte debe ser uniforme

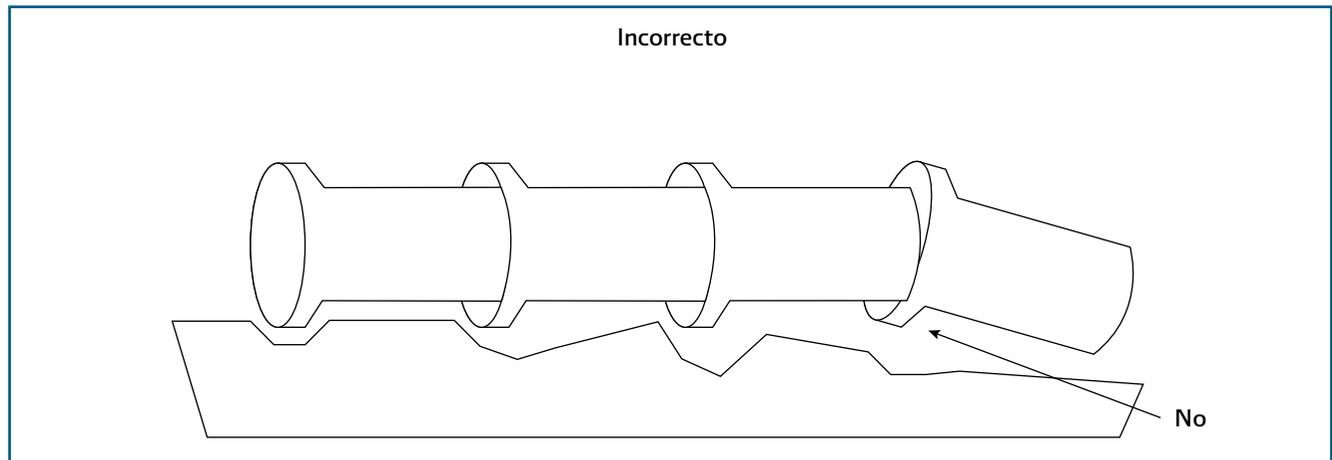


Figura 5.25 Posición correcta el roce parejo de la junta de hule en toda la periferia de la campana

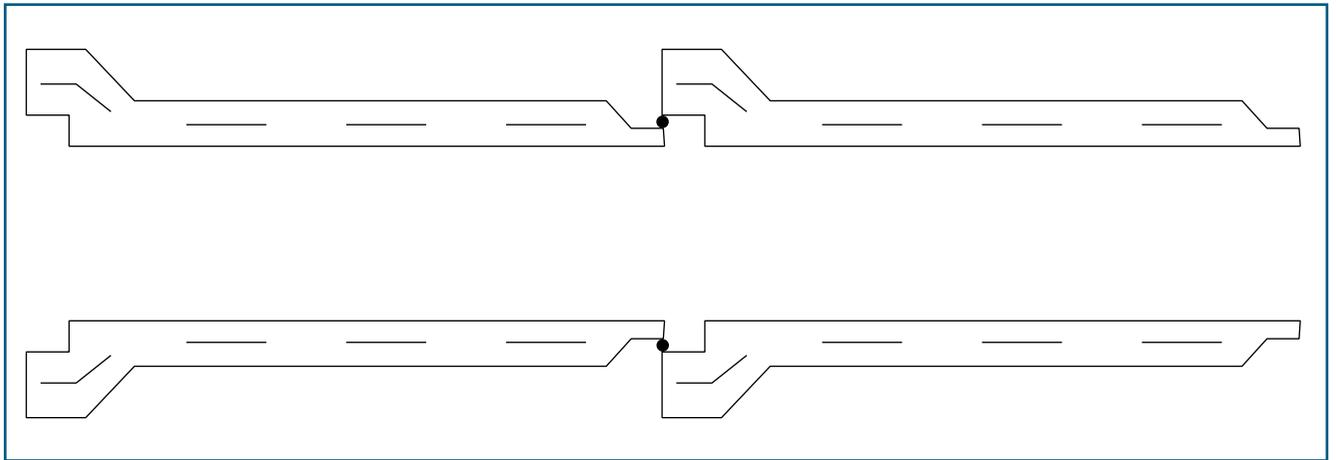
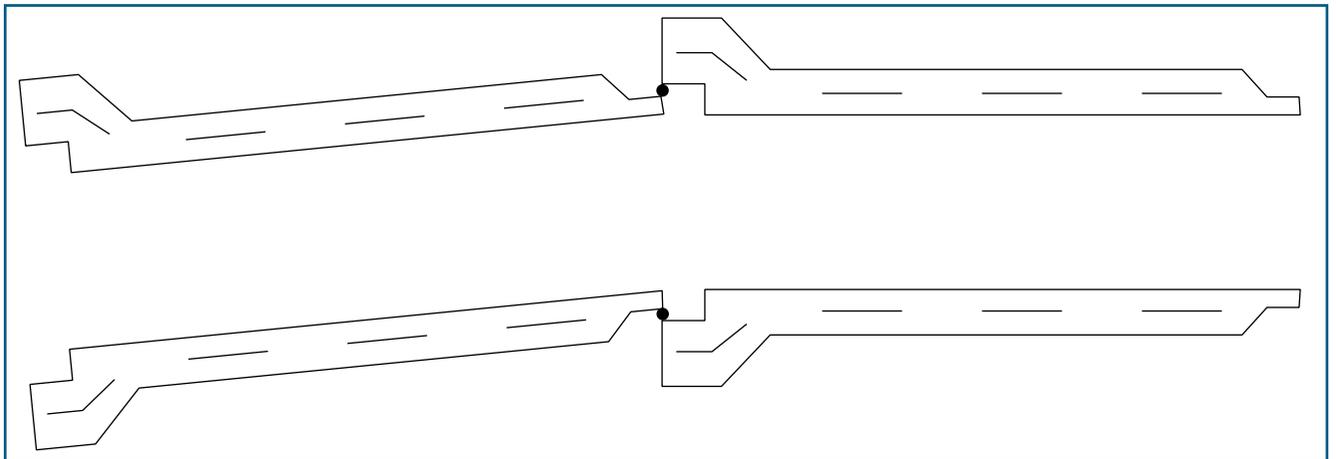


Figura 5.26 Posición incorrecta el roce disparejo de la junta de hule



5.4 Inspección

5.4.1 Prueba de Hidrostática

Procedimiento para la realización de prueba hidrostática en campo (NOM-001-Conagua Vigente).

En el caso de que uno o más tramos entre pozo y pozo se vayan a someter a la prueba hidrostática de campo, como lo especifica la NOM-001-Conagua (Vigente), sugerimos las siguientes consideraciones:

1.- Habiendo seleccionado los tramos a probar; proceder a la ejecución de la prueba lo más pronto posible para evitar posibles daños por tensiones excesivas sobre las campanas en la parte superior del tubo, debido a que se deberán mantener descubiertas mientras se lleva a cabo la prueba. En la Figura 5.27 la flecha negra indica,

la presión que está ejerciendo la junta hacia la campana. Por tal motivo, donde hay tierra las presiones (tanto de la junta como de la tierra) la presión se nulifican, pero donde no tenemos tierra, la campana no soporta la presión de la junta, por tal motivo puede haber una fractura en la periferia de la campana. Por eso hay que hacer la prueba lo más pronto posible para después rellenar la cepa con tierra.

2.- Teniendo instalado un tramo, de pozo a pozo lo correcto es ir acostillando los centros de la tubería para evitar que se mueva, además de recibir perfectamente los tubos incidentes a los pozos para que no se tenga fuga por esas uniones en el momento de la prueba.

Figura 5.27

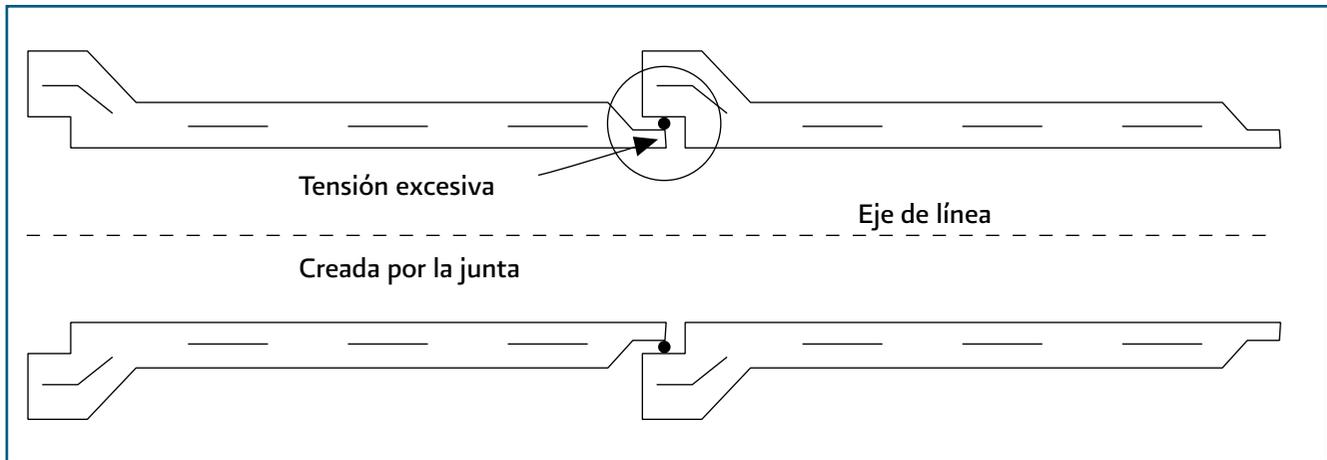
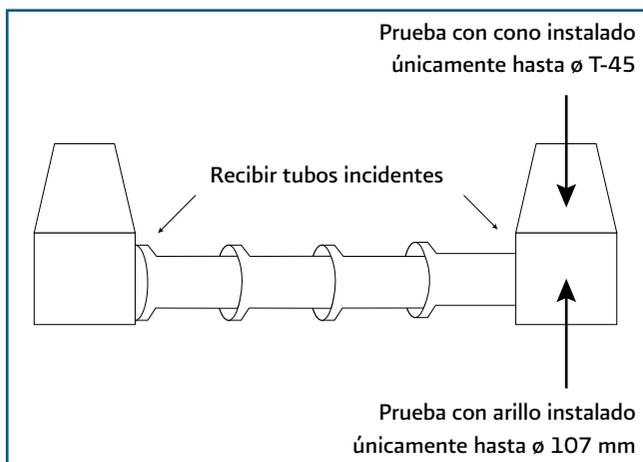


Figura 5.28 Prueba con cono instalado



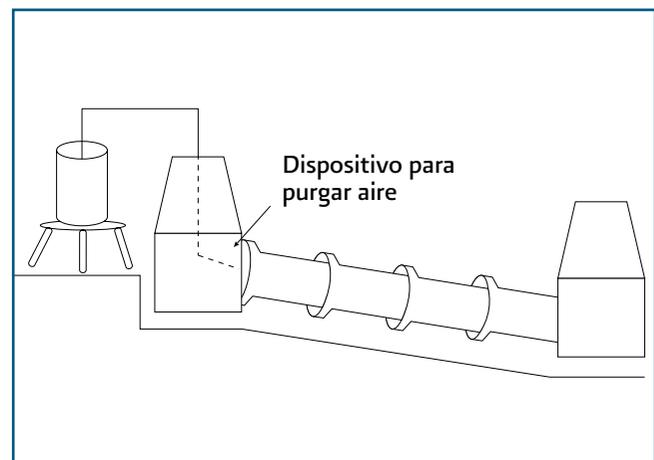
3. Para hacer las pruebas en campo:

Se debe contar con el siguiente equipo y material:

 - a) Agua en pipa (de preferencia no potable)
 - b) Tapones herméticos para los extremos de los tubos a probar NOM-001-Conagua (Vigente).
 - c) Bomba de embolo con capacidad de 1 kg/cm^2 o mayor.
 - d) Manómetro conectado a uno de los tapones de 0 a 1 kg/cm^2 con escala mínima de 0.01 kg/cm^2
 - e) Cronometro
 - f) Dispositivo para medir volumen escala mínima de 0.5 litros
 - g) En uno de los tapones un dispositivo para purgar el aire acumulado
4. Preparar para antes de hacer la prueba
 - a) Sellar todas las incorporaciones a las líneas por probar incluyendo descargas domiciliarias (cuando existan).

- b) Llenar lentamente del punto más alto al punto más bajo, para asegurar que el aire contenido en la tubería sea expulsado por el punto más alto (en el cual estará el tapón con el dispositivo para purgar el aire).
- c) El tiempo de pre-llenado será de 24 horas.

Figura 5.29 Prueba de tubería en campo



5. Habiendo llenado la tubería 24 horas antes de la prueba, el paso a seguir es purgar la tubería para que no contenga aire. Aplicar la presión de 0.5 kg/cm^2 manteniéndola durante 15 minutos, agregando la cantidad de agua que fue absorbida, para mantener la presión inicial.

La base para calcular la cantidad de agua extra que se debe de agregar a la tubería a probar se obtiene con la siguiente expresión (no debe exceder del resultado de la ecuación).

$$V = 0.15 \pi \varnothing L \quad (5.1)$$

Donde:

V volumen de agua admisible por agregar en litros

\varnothing diámetro interior de la tubería en metros.

L longitud del tramo a probar en metros.

6. El tramo probado se considera hermético si el agua agregada durante 15 minutos del periodo de prueba no excede al volumen calculado en la ecuación 5.1 para sostener la presión de prueba de 0.5 kg/cm²

Tabla 5.3 Causas comunes de falla

Problema	Causa u origen	Solución
Por más que se introduce agua no se termina de llenar nunca	1.-Tubo roto 2.-La junta quedo torcida 3.-A un tubo no se le coloca la junta	1.-Cambiar tubo. 2.-Desensamblar y acomodar la junta 3.-Colocarle su junta
No se mantiene la presión de prueba	1.-Poro en el tubo 2.-Tubos incidentes mal recibidos	1.- Tapar el poro* 2.- Sellar bien los tubos incidentes al pozo
Salen manchas de humedad	1.-Saturación por absorción	1.-No es falta de estanquidad

* Si por alguna razón uno o más tubos presentan una pequeña fuga, podrán repararse con algún material especial (epóxicos de fraguado instantáneo).

El tramo se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de la prueba.

7. En caso de tener que desensamblar un tubo debido a una falla de estanquidad o hermeticidad podrá instalarse el tubo reparado o nuevo en forma de ensamble campana o espiga siguiendo el procedimiento que se muestra:
 - a. Desensamblar el tubo que presente falla;
 - b. Se cambia o se repara el tubo;
 - c. Se ensambla si así se requiere en forma de campana-espiga.

5.4.2 Inspección visual final y otras pruebas

5.4.2.1 Inspección visual

Se puede acceder a inspeccionar al interior de los tubos de mayor tamaño mientras que los tubos más pequeños se deberán inspeccionar visualmente desde cada pozo de visita o por medio de una cámara de TV. La siguiente lista de verificación se debe utilizar en la inspección visual total de un proyecto de alcantarilla o paso de agua:

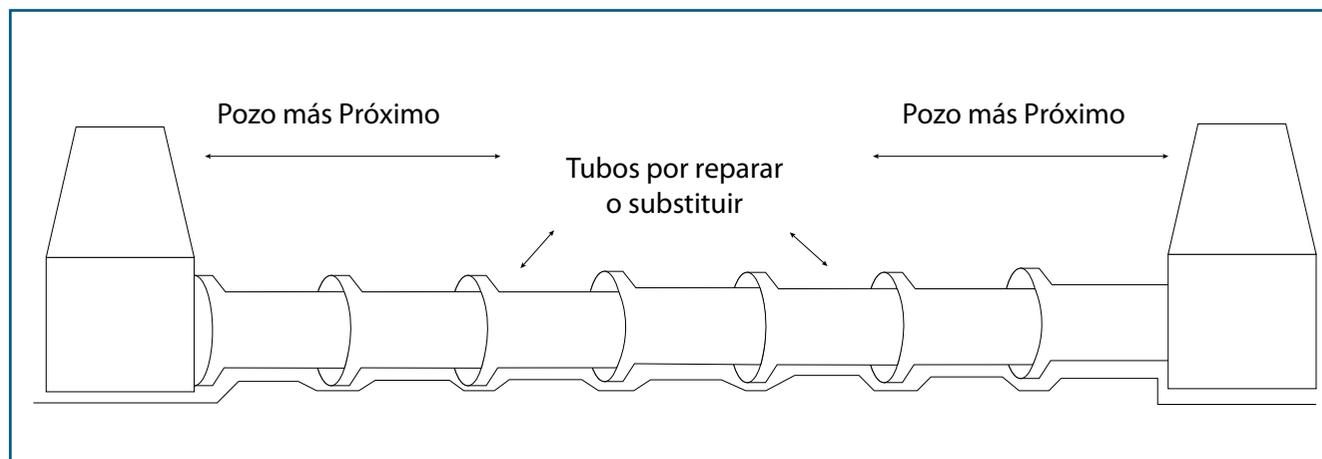
- a) Escombros y obstrucciones.
- b) Grietas excesivas.
- c) Uniones debidamente selladas.
- d) El inverso liso y libre de hundimientos o elevaciones.
- e) Los extremos debidamente lechados y conectados.
- f) Los acoples, las desviaciones y conexiones debidamente realizadas.
- g) Bocas de tormenta y tubos de admisión debidamente conectados.
- h) Los marcos del pozo de visita, brocales y sus tapas debidamente instaladas.
- i) Restauración de la superficie y otros elementos relativos a la construcción debidamente terminados.

5.4.2.2 Prueba de aire

La prueba de aire a baja presión llevada a cabo de acuerdo con ASTM C924 es una prueba que determina la velocidad a la cual el aire bajo presión escapa de una sección aislada de la alcantarilla. La velocidad de pérdida de aire se utiliza para indicar la presencia o ausencia de daños en el tubo y si las uniones han sido o no debidamente instaladas. Esta prueba no tiene el objetivo de indicar los límites de filtración de agua ya que no se ha encontrado correlación alguna entre la pérdida de aire y la filtración del agua. La sección del tubo con el que se realizará la prueba es conectada a cada extremo con unos tapones inflables. Los extremos de todos las líneas laterales, conexiones y accesorios que se incluyen en la prueba deberán ser taponeados para prevenir el flujo de aire, y muy bien reforzados para prevenir un estallido debido a la presión interna del aire.

Uno de los tapones deberá contar con una llave de entrada, o algún otro elemento para conectar una manguera a una fuente portátil de control de aire. El equipo de aire deberá de consistir en las válvulas e indicadores

Figura 5.30 Tubo a reparar



de presión para controlar la velocidad a la cual el aire fluye a la sección de prueba y debe de permitir el monitoreo de la presión de aire dentro de la sección de prueba.

El aire se añade a la sección de prueba hasta que la presión interna del aire se eleve a un nivel especificado y se estabilice con la temperatura de las paredes del tubo. La prueba se lleva a cabo por el método de caída de presión, por medio del cual, el suministro de aire se desconecta y se determina con un cronómetro el tiempo requerido para que la presión baje a cierto nivel. Este intervalo de tiempo luego se utiliza para calcular la velocidad de pérdida de aire. Se deberá tener precaución y entender diversos factores importantes al aplicar esta prueba del aire a baja presión en alcantarillado sanitario que será utilizado para llevar fluidos bajo condiciones de gravedad.

La prueba de aire tiene el propósito de detectar los defectos en la construcción, del tubo y daños en las uniones y no tiene el objetivo de medir la infiltración o exfiltración bajo condiciones de servicio ya que no se ha encontrado correlación entre la pérdida de aire y las fugas de agua.

Los criterios de la prueba de aire están actualmente limitados a tubos de concreto con un diámetro de 600 mm (24") y menores por la ASTM C924M (C 924). Las conexiones se deberán reforzar firmemente para prevenir la liberación accidental de un tapón que podría convertirse en un proyectil de alta velocidad. Los tapones no se deberán de remover hasta que toda la presión del aire se haya sido liberada en la sección de prueba.

Por razones de seguridad, no se deberá permitir el paso de ninguna persona en la zanja o al pozo de visita

mientras la prueba se lleva a cabo. El aparato de pruebas deberá estar equipado con un dispositivo de válvula de seguridad de escape de presión para prevenir la posibilidad de que cargue la sección de prueba con la totalidad de la capacidad del compresor.

5.4.2.3 Prueba al vacío

La prueba al vacío (presión negativa de aire) está regida por ASTM C 1214 (C 1214M) para tubo y C 1244 (C1244M) para pozos de visita. Esta prueba consiste en remover el aire del tubo a una presión específica menor que la atmosférica. La habilidad para mantener el vacío o una lenta caída indica un tubo aceptable. Esta prueba no es cuantitativa pero ofrece una forma de llevar a cabo una prueba económica de muestras grandes. Otros beneficios incluyen la seguridad y economía inherente de los sistemas al vacío sobre los sistemas presurizados.

Este método de pruebas cubre diámetros de alcantarillado con tubo de concreto circular de un diámetro de 100 a 900 mm (4 a 36 pulgadas) utilizando uniones con empaques de hule y puede realizarse en campo o en la planta como una prueba preliminar. Los extremos de todas las líneas laterales, conexiones y accesorios se deberán tapar para prevenir la fuga de aire.

El aire se extrae del tubo hasta alcanzar una presión negativa específica. Se registra la caída del vacío durante la prueba. Se calcula la pérdida del vacío en metros cúbicos por segundo (pies cúbicos por minuto) y se compara con los valores permitidos.

5.4.2.4 Prueba de las uniones con aire

La prueba de las uniones de acuerdo con ASTM C 1103 puede realizarse en líneas de alcantarillado de tubo de concreto, utilizando ya sea aire o agua a baja presión para demostrar la integridad de la unión y los procedimientos de construcción. Cuando se usa aire o agua, se cubre por dentro la unión a probar con un anillo con dos tubos selladores en los dos extremos. Antes de esto, la superficie interior de unión del tubo deberá limpiarse y humedecerse. El aparato de pruebas de unión se coloca dentro del tubo con los tapones sellando hacia ambos extremos de la unión. Se inflan los tapones selladores con aire conforme a las recomendaciones del equipo y del fabricante.

Para la prueba de uniones con aire, el volumen vacío deberá presurizarse a una presión específica mayor que la presión ejercida por el agua subterránea arriba del tubo. Se debe permitir que la presión y la temperatura se estabilicen, y después se corta el suministro de aire y se empieza con la prueba. La presión deberá disminuir menos que la disminución de presión especificada permitida. Si la unión falla, esta puede ser reparada y sometida de nuevo a la prueba.

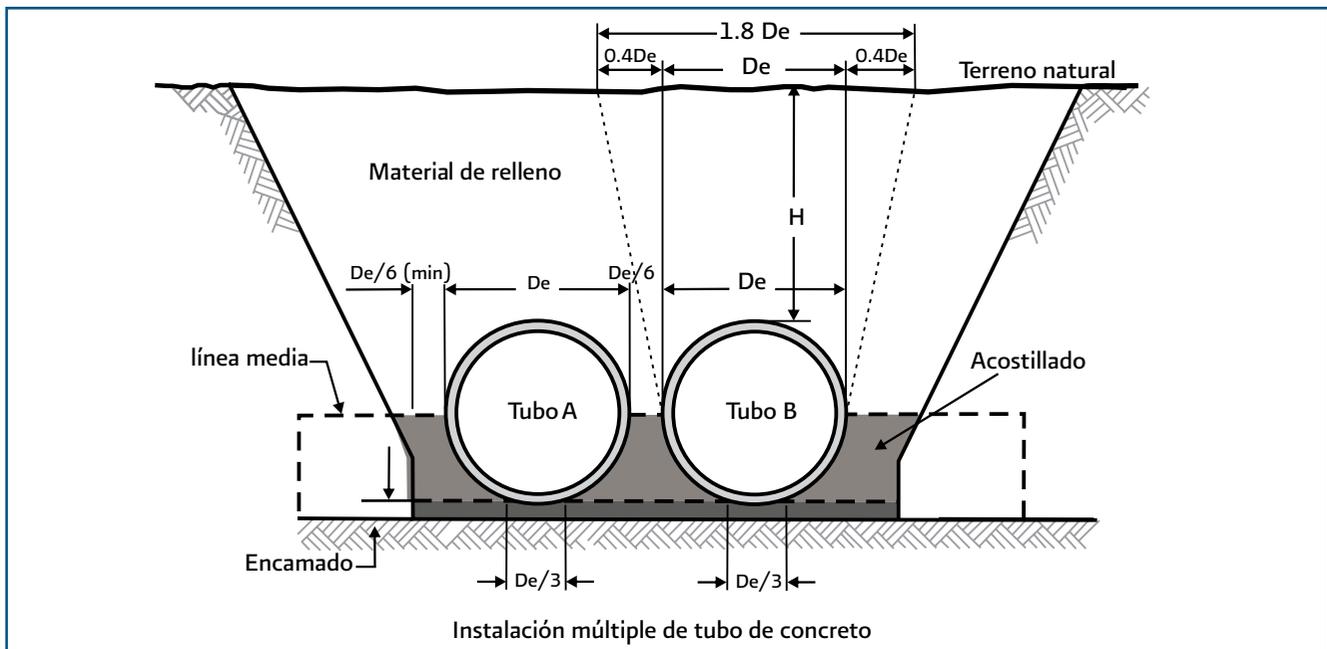
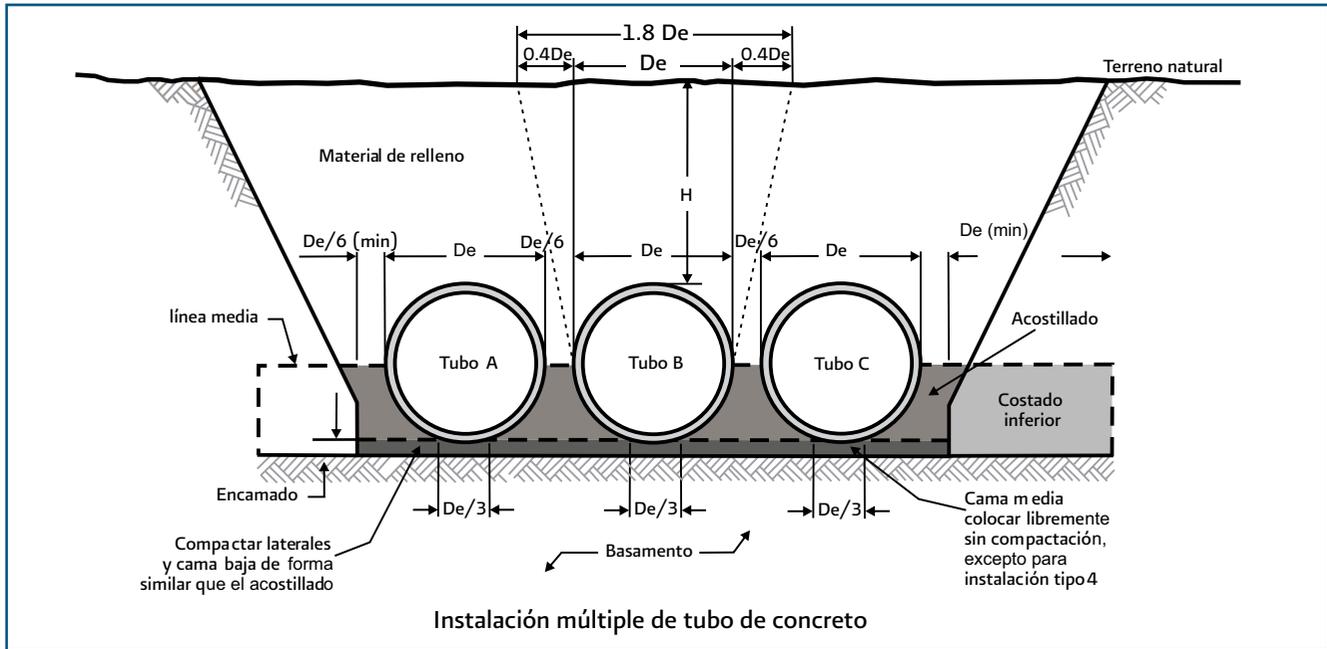
Cuando se lleva a cabo la prueba de uniones con agua, la llave de purga deberá estar ubicada justo en la parte superior central del tubo. El agua se deberá introducir en el volumen vacío hasta que el agua fluya continuamente de la llave de purga abierta. Cierre la llave de purga y presurice el vacío a una presión específica mayor que la presión del agua subterránea.

Corte el suministro de agua. La presión debe de caer menos que la caída de presión permitida especificada. Si la unión falla, esta puede ser reparada y sometida de nuevo a la prueba.

5.4.2.5 Prueba de las uniones con agua

No es normalmente muy práctico el realizar pruebas de exfiltración sobre tubos grandes debido a la cantidad considerable de agua requerida. Si el tubo es lo suficientemente grande como para ser visitado en el interior, se puede inspeccionar visualmente cada junta individual, y si es necesario, se puede realizar una prueba de exfiltración de agua por medio de un aparato de pruebas especialmente diseñado para este propósito. En este procedimiento, la unión se aísla con un escudo expansivo equipado con juntas que se adhieren con fuerza a las paredes del tubo a cada lado de la unión que se va a probar. Con los tapones adecuados, se introduce agua en el espacio anular aislado por el escudo y se mide la exfiltración. La exfiltración permitida para las uniones individuales es la que se ocurriría en base a la filtración permitida de agua para una sección del tubo.

Figuras 5.31 Instalación múltiple



Sección 6 Tubería de acero al carbono

6.1 Transporte, instalación y prueba

6.1.1 Generalidades

Los procedimientos para el transporte, zanjado, tendido, relleno y prueba hidrostática de tubería de acero dependen de varios factores, como son: su diámetro, condiciones de operación, su localización (urbana, suburbana o rural), el terreno donde será colocada (plano, inclinado o montañoso), así como del tipo del suelo, profundidad de enterrado y relleno.

Este capítulo especifica los requerimientos mínimos que deben cumplirse para el transporte, instalación y prueba. Es importante señalar que las propiedades mecánicas del suelo excavado, así como las del suelo que será usado de relleno son de gran importancia. Asimismo los principios de mecánica de suelos adecuadamente aplicados a las prácticas de excavación y relleno, conducirán a que los sistemas de tubería bajo condiciones de trabajo sean más seguros y económicos.

6.1.2 Transporte y manejo

La tubería de acero con protección mecánica (recubrimiento anticorrosivo) son transportadas generalmente por camiones, ferrocarriles o barcos, y los requerimientos para estibar y restringir la tubería durante el tránsito dependen del modo de transporte.

6.1.2.1 Camión

La mayoría de la tubería de acero con recubrimiento anticorrosivo aplicado en planta es transportada directamente al sitio de instalación en tracto camiones equipados con plataforma. Para el transporte en camiones, los tubos deberán ser colocados sobre entablados previamente instalados en las plataformas de los camiones, para lo cual se emplearán materiales que sirvan de amortiguadores en las superficies de contacto de los tubos. Todos los cables, cadenas y demás elementos que se utilicen para asegurar los tubos en su posición correcta, deberán estar forrados de materiales adecuados para evitar que se pueda dañar el recubrimiento anticorrosivo o la superficie del tubo.

En tubos de gran diámetro (1.143 m y mayores) se recomienda el empleo de camas formadas por sales de arena.

6.1.2.2 Ferrocarril

Cuando el transporte se efectúe en ferrocarril, todos los tubos deberán ser cuidadosamente estibados en los carros o góndolas, intercalando camas de material que amortigüe entre cada cama de tubos, y entre tubo y tubo de cada cama. La tubería será firmemente sujeta por medio de travesaños, cables, a otros elementos que impidan su movimiento durante el transporte. Todas las superficies de contacto y de carga entre la tubería y

las partes de la caja o furgón deberán ser cubiertas con materiales que sirvan de amortiguadores. Así mismo, se tomarán las medidas pertinentes para que cada tramo de tubo quede separado de su inmediato, a fin de evitar que se dañen mutuamente.

6.1.2.3 Barco

En el transporte por barco, se sugiere que las tuberías pequeñas (1.066 m y menores) deben empacarse y las grandes (1.143 m y mayores) estibarse, de tal manera que absorban la vibración y el movimiento de rodado. Además se emplearán colchones de madera adecuados o barreras similares para evitar que los tubos se rocen entre sí. El inspector responsable de revisar los arreglos de la carga, debe asegurarse que el equipo de manejo, tanto en el muelle como en el barco esté aprobado para su uso en tubería con recubrimiento anticorrosivo; es posible considerar la factibilidad de introducir tubería de diámetro menor en tubería de diámetro mayor para reducir los costes del flete, sin embargo, deberán utilizarse colchones para asegurar que se mantenga la integridad del recubrimiento.

6.1.2.4 Helicóptero

En casos especiales, cuando el sitio de instalación sea inaccesible y se trate de tubería menor de 0.61 m de diámetro, puede requerirse de helicóptero para su transportación, en tal caso, debe haber comunicación con la aerolínea para conocer la longitud máxima, ancho, altura y limitaciones de peso para la trayectoria seleccionada.

6.1.2.5 Carga y descarga

En la maniobra de carga y descarga de los tubos se deberá emplear equipo adecuado, para evitar el contacto directo entre las superficies de los tubos y partes metálicas del equipo. Deben utilizarse correas de nylon, lonas, bandas y horquillas acolchonadas, así como patinas diseñadas para prevenir daños al recubrimiento anticorrosivo. Las cadenas y cables deberán estar forrados con materiales apropiados, a fin de evitar los deterioros mencionados. Mientras los tubos se encuentren suspendidos en la maniobra de carga y descarga, se inspeccionará que no existan daños en la parte inferior de los mismos.

6.1.2.6 Descarga a lo largo de derecho de vía

Los tubos deberán ser colocados paralelamente a lo largo de las zanjas o excavaciones en las que después serán instaladas. Si el terreno es rocoso existe riesgo de daño al recubrimiento anticorrosivo, ambos extremos (aproximadamente a un cuarto de los mismos) deberán apoyarse en bloques de madera acolchados, sales de arena, montículos de arena u otro tipo de soporte que proteja el recubrimiento de la tubería.

6.1.3 Zanjado

6.1.3.1 Profundidad

Por lo general la tubería es enterrada para protegerla de golpes y cargas pesadas o concentradas que pueda dañarla, así como para evitar la flotación, ya que al presentarse la lluvia, ésta podría flotar en caso de encontrarse en el fondo de la zanja y sin relleno. Al estar la tubería enterrada, las cargas exteriores resultan uniformemente distribuidas, por lo que es recomendable que el relleno tenga una altura mínima de 900 mm a partir del lomo del tubo, si el diámetro es menor o igual a 900 mm. Para diámetros mayores la altura debe ser de 1.0 a 1.5 m, y se revisará que las cargas aplicadas a la tubería no afecten al tubo.

6.1.3.2 Ancho

Para facilitar el trabajo durante la instalación de la tubería, la excavación se hace de un ancho B mayor que el diámetro exterior del tubo, incluyendo protección mecánica.

$$B = \frac{4}{3} d_e + 400$$

Donde:

B es el ancho de la zanja, mm.

d_e es el diámetro nominal del tubo, mm.

6.1.4 Cama y relleno de zanja

6.1.4.1 Cama

El fondo de la zanja no deberá tener irregularidades ni objetos que generen concentración de esfuerzos, ya que debe permitir un apoyo uniforme sin forzamientos ni dobleces mecánicos de la tubería. Las zanjas con el fondo plano deben excavar a una profundidad mínima de 50 mm abajo de la línea establecida para el fondo.

El exceso de excavación en donde se han removido todas las piedras y terrones duros debe llenarse con material suelto. El material suelto debe acomodarse uniformemente en toda la longitud de la tubería. Cuando el fondo de la zanja contenga objetos duros, sólidos, que puedan dañar el recubrimiento protector, se colocará bajo la tubería una cama de 80 a 150 mm de espesor de arena.

Si la excavación se realiza en material rocoso, deberá tener por lo menos una profundidad adicional de 150 mm. La sobre excavación deberá reemplazarse por dos capas; la primera de 100 mm con una plantilla de brava y la segunda, donde apoyará la tubería, de 50 mm con material suelto.

6.1.4.2 Relleno

Después de que se han instalado en la zanja la tubería, conexiones, válvulas y otros aditamentos y se hayan inspeccionado debidamente, ésta se rellenará a volteo con material seleccionado, esto es, un relleno que se encuentre exento de rocas y piedras grandes para evitar daños a la tubería y/o recubrimiento anticorrosivo. El material de relleno podrá ser el material excavado. Las juntas se deben dejar expuestas hasta que se hayan concluido las pruebas de presión y de fugas. En calles y otros lugares donde no es recomendable el asentamiento, se debe consolidar el relleno por compactación, la cual se debe realizar en capas no mayores de 150 mm.

Se deberá restaurar adecuadamente el pavimento, aceras, prados y arbustos.

6.1.5 Procedimiento de instalación

6.1.5.1 Preparación de la tubería

En caso de que el proyecto requiera dobleces en la tubería, éstos deberán efectuarse antes de su preparación para la aplicación del recubrimiento anticorrosivo.

Antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo a la tubería debe prepararse adecuadamente. Primero se tendrá que calentar el tubo uniformemente, a una temperatura de 383.15 K, con el fin de quitar por completo toda la humedad, después, se limpiará con chorro de arena o granalla de acero, para remover también todo el aceite, grasa, alquitrán, derrumbe, escamas, escoria a otros contaminantes que existan sobre la tubería, el metal base debe presentar una apariencia grisácea mate, comparable a la limpieza de metal blanco, durante la limpieza.

Los extremos de la tubería, deberán protegerse con tapones que impidan la entrada de abrasivo al interior de la tubería. El abrasivo que penetre a la tubería deberá ser removido antes de aplicar el recubrimiento.

Una vez terminada la limpieza, la superficie exterior del tubo debe inspeccionarse cuidadosamente, bajo iluminación adecuada; todos los defectos de la superficie, como son: astillas, incrustaciones, rebabas, salpicaduras de soldadura, golpes, etc., deben removerse completamente por esmerilado. Pequeños defectos superficiales pueden removerse por esmerilado. La tubería que contenga alguna abolladura deberá apartarse por el contratista, para efectuarle pruebas de inspección de acuerdo a los códigos correspondientes y se determinará que hacer con ella. Todas las áreas esmeriladas deben limpiarse con chorro de arena. Todo el polvo y residuos nocivos, deben removerse con el uso de aire comprimido, que deberá estar libre de aceite y humedad.

La tubería que se limpia con chorro de arena, y no ha sido recubierta, antes de que se presente el efecto de oxidación superficial visible, o no se haya recubierto dentro de las tres horas después de la limpieza, deberá limpiarse nuevamente con chorro de arena.

El recubrimiento anticorrosivo a base de cinta de polietileno ó alquitrán de hulla, será aplicado a la tubería, siempre y cuando la superficie de la misma esté perfectamente limpia; su aplicación se hará de la siguiente forma:

La cinta se aplicará envolviendo a la tubería, espiralmente con un traslape mínimo de 25.4 mm y una tensión controlada de 0.069 MPa (0.70 kg/cm²).

La cinta puede ser aplicada: manualmente, con máquina manual encintadora, con máquina de transmisión, o bien, con equipo de aplicación en planta.

En la planta, los procedimientos bajo los cuales se aplicará la cinta a la tubería serán: por transportación lineal de la cinta y por transportación espiral de la cinta.

En cada extremo de la tubería, deberá dejarse una franja libre de recubrimiento de 300 mm de ancho, para la fase de alineamiento y soldadura de campo.

Una vez aplicado el recubrimiento a la tubería, éste deberá ser inspeccionado con el objeto de comprobar su calidad, o bien, para detectar las posibles fallas y repararlas apropiadamente.

Para inspeccionar el recubrimiento, se usará un detector eléctrico de bajo amperaje y de voltaje ajustable, que detecte las fallas de recubrimiento, mediante pulsaciones eléctricas.

El voltaje mínimo de operación del detector, será de 10,000 Volts. El voltaje deberá ajustarse apropiadamente, por lo menos una vez al día, ya que la humedad y la temperatura podrían desajustarlo. El detector será aplicado al recubrimiento, pasándolo una sola vez a una velocidad de 0.15 a 0.30 m/s. Cualquier falla en el recubrimiento será indicada por una chispa entre el electrodo y la superficie del tubo y/o también por una señal luminosa y audible.

Las fallas detectadas en el recubrimiento, serán reparadas en la forma siguiente:

Reparaciones menores.

El área por reparar, se limpiará perfectamente y sobre ella se colocará un parche del mismo material de cinco cm. mayor en todas direcciones del área por reparar.

El área por reparar y el parche por colocar, deberán estar perfectamente libres de impurezas y secos.

Tanto el área dañada como el lado adhesivo del parche se deben calentar, y una vez que el adhesivo comience a fluir, se colocará sobre el área dañada, moldeándolo del centro hacia los extremos. La zona reparada deberá ser nuevamente inspeccionada.

Reparaciones mayores.

En estos casos, el área defectuosa se calienta hasta que el material se ablande, y posteriormente, se remueve con la ayuda de una espátula o navaja, y en su lugar se colocará el parche, siguiendo el procedimiento adecuado para su instalación.

6.1.5.2. Manejo y tendido

Durante la instalación de la línea en las zanjas debe observarse un cuidado similar al que se tiene durante la carga, transporte y descarga de la tubería. Las tuberías con recubrimiento anticorrosivo requieren un cuidado adicional cuando se manejan temperaturas abajo o arriba de las recomendadas por el fabricante.

La tubería recubierta no debe depositarse en terrenos ásperos, ni rodarse en tales superficies. Únicamente se permitirá el rodado de tubería revestida cuando los extremos estén desnudos y se disponga de rieles en donde se rueda el acero expuesto.

Durante el manejo y colocado de la tubería en la zanja, se deberán utilizar protectores para evitar su daño; la tubería no debe arrastrarse sobre el fondo de la zanja ni tampoco golpearse contra el fondo. Mientras se prepara para realizar la junta, la tubería debe soportarse sobre las bandas. El recubrimiento de la tubería se inspeccionará en tanto esté suspendida de las bandas, además cualquier daño visible al recubrimiento debe repararse antes de bajar la tubería a la zanja.

La zanja debe mantenerse libre de agua que pueda afectar la integridad de la cama y las operaciones de soldado de las juntas.

Pueden permitirse algunos soportes especiales, pero de ninguna manera deben instalarse permanentemente secciones de tubería sobre maderos, montículos de tierra, o apoyos similares.

El grado máximo de deflexión permanente permitido para dobles de la tubería en frío, se determinará de acuerdo a la siguiente tabla que expresa el radio mínimo en función del diámetro exterior:

6.1.5.3. Ensamble de la tubería

Durante el ensamble de la línea, previo a su instalación en la zanja, deberá limitarse el grado de curvatura elástica, de tal manera que no se exceda el esfuerzo de fluencia del material y/o se dañen los recubrimientos interiores y exteriores de la tubería. La deflexión de la tubería en cualquier punto debe limitarse a las recomendaciones indicadas anteriormente.

Tabla 6.1 Grado máximo de deflexión permanente permitido

Diámetro exterior de la tubería	Radio mínimo de doblado
323.8 mm (12.75")	18d _e
355.6 mm (14")	21d _e
406.4 mm (16")	24d _e
457.2 mm (18")	27d _e
505.8 mm y mayores (20" y mayores)	30d _e

Donde:

d_e es el diámetro exterior de la tubería, m.

Deberá vigilarse que los dobleces se efectúen antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo, ya que de otra manera éste podría dañarse.

6.1.5.3. Ensamble de la tubería

Durante el ensamble de la línea, previo a su instalación en la zanja, deberá limitarse el grado de curvatura elástica, de tal manera que no se exceda el esfuerzo de fluencia del material y/o se dañen los recubrimientos interiores y exteriores de la tubería. La deflexión de la tubería en cualquier punto debe limitarse a las recomendaciones indicadas anteriormente.

6.1.5.4. Soldaduras de uniones

Para requerimientos técnicos en prácticas de soldadura de campo, se recomienda ver el siguiente apartado (6.2) de este manual, correspondiente a soldadura de uniones.

Cuando se realiza una soldadura de campo (de unión) en una tubería revestida interior y/o exteriormente, debe permanecer desnuda una longitud corta (de aproximadamente 40 mm) en cada extremo, de tal manera que el calor de la soldadura no afecte adversamente el recubrimiento protector. La longitud del tramo desprotegido puede variar dependiendo del tipo de recubrimiento y el espesor de pared de la tubería.

6.1.5.5. Recubrimiento de juntas de campo

Después de haber completado la soldadura de unión, deberán recubrirse los tramos desnudos con el mismo material que se revistió el resto de la tubería. En tuberías

de 610 mm de diámetro y mayores el recubrimiento interior de las juntas es recomendable sea reparado desde el interior, para lo cual los trabajadores que deban entrar a la tubería para completar el recubrimiento, tengan una ventilación adecuada. Las juntas en tuberías menores de 610 mm, deben repararse desde el exterior por medio de registros de mano.

6.1.6. Prueba hidrostática de campo

El objetivo primordial de la prueba hidrostática es verificar que las juntas no presenten fugas, ésta se realiza a un valor fijo arriba de la presión de trabajo.

Para realizar la prueba, la tubería se llena lentamente con agua, eliminando el aire de la línea a través de las válvulas de admisión y expulsión de aire colocadas en las partes más altas de la tubería; la presión de prueba debe ser verificada por medio de una bomba y un manómetro de prueba, y será, cuando menos, 1.25 veces la presión de trabajo en la línea, debiéndose mantener como mínimo por dos horas, posteriormente, se realizará una inspección de la línea para detectar fugas visibles o desplazamientos en la tubería.

Cualquier defecto debe ser reparado antes de realizar la prueba de fuga, la cual determine, por medio de un medidor calibrado, la cantidad de agua que entra en la sección de prueba, bajo la presión normal de trabajo, durante un período de dos horas como mínimo. Los defectos permisibles se indican en el punto 6.1.6.3.

6.1.6.1 Tapones

Generalmente la prueba hidrostática se efectúa por secciones de tubería. Los extremos de la sección por probar pueden aislarse mediante válvulas o tapones soldados. Las válvulas no necesariamente son permanentes y podrán retirarse una vez terminada la prueba.

El empleo de tapones soldados puede resultar más económico. Un tapón convencional consiste en un tramo de tubo de aproximadamente un metro de largo, al que se suelda una placa plana por un extremo, y la tubería por probar por el otro.

La placa plana puede ser de forma rectangular o circular. Sobre el tapón se colocan los aditamentos necesarios para la entrada de agua y salida de aire.

Al término de la prueba se retira el tapón cortando la tubería de conducción a cierta distancia antes de la soldadura con el tapón.

6.1.6.2 Venteos

La tubería debe llenarse despacio para prevenir el posible golpe de ariete, asimismo, se tendrá cuidado para permitir que el aire escape durante la operación de llenado.

Después de llenar la línea, puede ser necesario el uso de bombas para levantar y mantener la presión deseada.

6.1.6.3. Defectos permisibles

No se aceptará una instalación hasta que la fuga sea menor del número de litros por hora que se determine por la fórmula siguiente:

$$L = \frac{Nd_i \sqrt{P_m}}{1.033} \quad (6.2)$$

Donde:

L es la fuga permisible, l/h.

N es el número de juntas en la longitud de línea probada.

d_i es el diámetro de la tubería, mm.

P_m es la presión media durante la prueba de fugas, MPa.

Las fugas presentadas en las juntas de soldadura deben ser marcadas para una adecuada reparación con soldadura, (Ver punto 6.2). Tales soldaduras pueden ser realizadas sin vaciar la tubería, únicamente bajando la presión.

Si una tubería no pasa la prueba hidrostática, será necesario localizar, descubrir, reparar o reemplazar cualquier defecto en la tubería, válvula, junta o accesorios. Una vez que esto se realizó, se probará nuevamente la tubería.

6.1.6.4. Desinfección de la tubería

El interior de la tubería y los accesorios deben mantenerse libres de desechos y contaminación, y aunque se tomen precauciones durante la instalación, se debe realizar la limpieza a chorro de agua y la desinfección de la tubería, para tener la seguridad que se entrega a los consumidores agua potable segura. Al terminar el día de trabajo, el uso de tapas o cubiertas evita que entren a la tubería, durante las horas nocturnas, animales, insectos y drenaje superficial.

Para la desinfección de la tubería se puede utilizar hipoclorito de calcio (de sodio), cloro gaseoso o cloro líquido. El hipoclorito de calcio es particularmente seguro y fácil de aplicar, aunque se debe tener cuidado que el desinfectante no pierda su potencia por una exposición prolongada a la atmósfera. El hipoclorito seco se mezcla con agua para obtener una solución de cloro al uno por ciento. Esta se aplica en el extremo de la tubería, donde la conducción del agua lo puede distribuir por toda la longitud del tramo. La dosis del cloro debe ser tal que produzca un residual de diez, cuando menos, en el extremo opuesto de la tubería, después de un reposo de 24 h. Esto se puede esperar con una aplicación de 25 mg/l de cloro.

También puede utilizarse un inyector de cloro gaseoso, o bien, entregar grandes cantidades de cloro, el cual es especialmente útil en la esterilización de tuberías de gran diámetro. Además se puede regular la tasa de aplicación y reducir la duración del proceso de inyección.

Otro método es el uso de cilindros de cloro gaseoso, el cual puede ser peligroso si es que la inyección no queda bajo la supervisión de un empleado competente. Después de una reducción en la presión, el cloro líquido se inyecta en la tubería. Es necesario un cierto gasto de agua para distribuir el cloro. Se puede presentar la congelación del cloro, si la tasa de aplicación no se regula apropiadamente.

El lavado a chorro de la tubería debe ser íntegro para eliminar el agua intensamente clorada antes que la línea se ponga en servicio.

6.2 Soldaduras de uniones (con material de aporte)

6.2.1 Curvas para tubería de acero al carbono

Codos para tubería helicoidal o longitudinal hechas en frío, los cambios de dirección requeridos para apegarse al contorno de la zanja pueden realizarse doblando el tubo de acuerdo a los procedimientos respectivos y los radios mínimos de los dobleces serán de acuerdo a lo que indique la Normatividad respectiva.

A todas las curvas sin excepción deberá anotarse el número grado de curvatura y sentido de flujo en la parte superior de la curva (0 horas); si por condiciones constructivas de aplicarse protección anticorrosiva en planta,

la curva en el almacén, los datos solicitados también deberán indicarse. Para el caso de tubería que tiene ya aplicada la protección anticorrosiva y vaya a ser doblada, los aditamentos del doblado deben ser acojinados de manera que no se provoquen daños a la protección anticorrosiva.

Foto 6.1 Codos de tubería de acero



6.2.2 Soldadura para tubería de acero al carbono

Una vez sea aprobado el procedimiento de soldadura por la **Conagua**, el contratista propondrá a la supervisión, a los soldadores que deben realizar las pruebas apegadas a los procedimientos establecidos por la supervisión de acuerdo a la Normatividad. Estas pruebas se llevarán a cabo previo al inicio de la fase de soldadura y repitiéndose cada vez que cambien las condiciones que sirvieron de base para la calificación. Los Procedimientos de soldadura, así como los soldadores que ejecuten estas labores en el campo, deben ser calificados de acuerdo con lo que especifica la última edición del código ASME sección IX, artículo II y III o por el Código API STD 1104, Secciones 1 y 2.

Para dar cumplimiento a lo establecido anteriormente, el contratista de manera obligatoria previo a la fase de soldadura, deberá entregar a la supervisión el procedimiento de soldadura calificado y certificado por un organismo reconocido.

Esta situación debe ser considerada por el contratista dentro de los costos de las actividades.

6.2.2.1 Calificación del procedimiento de soldadura.

Antes de iniciar la fase de soldadura en la línea, la supervisión debe calificarla en detalle, el procedimiento de soldadura (avalado por certificadora registrada) propuesta por el contratista que se usará, para asegurar que las soldaduras tengan propiedades mecánicas apropiadas, que puedan considerarse sanas y utilizar el procedimiento aprobado. La calidad de la soldadura debe ser determinada por pruebas destructivas e incluir los resultados de las pruebas en el procedimiento.

Los detalles de cada procedimiento calificado deben ser anotados en registros que muestren los resultados completos de las pruebas del procedimiento. La soldabilidad debe determinarse de acuerdo al procedimiento que se establezca, un soldador calificado debe tomar un tramo de tubo, cortar éste en dos carretes, biselar, preparar la junta, soldar, obtener los especímenes y hacer las pruebas. La calificación de la soldadura debe hacerse con las más severas exigencias que se apliquen a una soldadura efectuada bajo las condiciones y procedimientos que se presentan en el campo. Los tubos se consideran soldables siempre que cumplan los requisitos establecidos en API STD 1104: (Ref. ASME B31.4, capítulo VI, Párrafo 437.6.5 y ASME B31.4, capítulo V, Párrafo 434.8.5).

El procedimiento de soldadura especificado, propuesto por el contratista y sea aprobado para el proyecto y el cual deberá ser calificado, deberá incluir y aplicar los diferentes aspectos que se enuncian a continuación:

- a) El proceso específico de soldadura de arco o el proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático, automático o combinado.
- b) Materiales, tubos y conexiones de tuberías, API-SPEC-5I y otros materiales de especificaciones ASTM Acero al carbono agrupados según el límite mínimo especificado a la fluencia $2\,950\text{ kg/m}^2$ ($42\,000\text{ lb/in}^2$). Además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas de los metales base y relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.
- c) Agrupamientos por diámetros y espesor de pared.
- d) Diseño de ranuras. Forma de la ranura y ángulo del bisel, tamaño de la cara de la raíz y abertura entre raíces o espacio entre miembros a tope.

- Forma y tamaño del cordón de soldadura. Tipo de respaldo si se usa.
- e) Metal de aporte y número de cordones. Tamaño y número de clasificación del metal de aporte, número mínimo y secuencia de cordones.
 - f) Características eléctricas. Corriente y polaridad, tensión y corriente para cada electrodo, sea varilla o alambre.
 - g) Características de la flama. Neutral, carburizante, oxidante, tamaño del orificio en antorcha tipo, para cada tamaño de varilla o alambre.
 - h) Posición de rolado o soldadura de posición fija.
 - i) Dirección de la soldadura. Vertical hacia arriba o hacia abajo. Se establece solamente la dirección vertical hacia abajo.
 - j) Tiempo entre pasos, tiempo máximo entre terminación del cordón de fondeo y principio del segundo cordón; tiempo máximo entre la terminación del segundo cordón y el principio de otros cordones.
 - k) Tipo de alineado; interno, externo.
 - l) Remoción del alineador, después de completar 100% del fondeo.
 - m) Limpieza, herramientas motrices, herramientas de mano.
 - n) Pre y pos calentamiento, relevado de esfuerzos, métodos, temperatura, métodos de control de temperatura, fluctuación de temperatura ambiente.
 - o) Gas protector y gasto. Composición del gas y gasto.
 - p) Fundente y protector, tipo y tamaño.
 - q) Velocidad de recorrido (in/min) o (cm/min).
 - r) Dibujos y tablas. Dibujos por láminas separadas, mostrando la ranura y secuencia de los cordones de soldadura, junto con los datos tabulados según el diámetro y espesor de pared del tubo, el diseño de la junta, el metal de aporte, número de cordones y las características de la corriente eléctrica o de la flama. Así como es mencionado en el Código API STD 1104, Sección 2, párrafos del 2.1 al 2.3, además todos los registros de procedimiento deben ser iguales o semejantes a lo señalado en el código API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.2.

Para la rectificación del procedimiento de soldadura que proponga el contratista, un nuevo procedimiento de soldadura debe ser establecido como una nueva especificación y ser completamente recalificado cuando cambian cualquiera de las siguientes variables:

- a) Cambio en el proceso de soldadura. De gas a arco protegido (proceso de gas o soldadura de arco a otro proceso de gas u otra soldadura de arco), de manual a semiautomático o automático o combinación de éstos.
- b) Cambio en el material de los tubos. Grupos de ASTM ó API, acero al carbón, con límite elástico mínimo especificado de 2 950 kg/cm² (42 000 lb/in²).
- c) Cambio en el diseño de la Junta. De ranura en "v" a ranura en "u", etc. el cambio en el ángulo del bisel o borde de la ranura, no es variable esencial del procedimiento especificado.
- d) Cambio en la posición. Para soldadura a tope solamente, un cambio de vertical a horizontal o viceversa.
- e) Cambio en el espesor de pared del tubo. Un cambio de grupo de espesor de pared a otro grupo.
- f) Cambio en el metal de aporte. De un grupo clasificado a otro.
- g) Cambio de polaridad de corriente positiva a negativa.
- h) Cambio en el lapso de tiempo entre el cordón de fondeo y el segundo cordón.
- i) Cambio de sentido (de vertical ascendente a vertical descendente o viceversa).
- j) Cambio en el gas de protección y proporción.
- k) Cambio en el fundente de protección.
- l) Cambio en la velocidad de avance.

(Ref. API STD 1104, Sección 2, Párrafo 2.4.)

Como complemento del procedimiento de soldadura, el contratista deberá dar cumplimiento a las pruebas siguientes, que serán efectuadas por un laboratorio especializado y certificado y revisadas y aceptadas por la supervisión.

Foto 6.4 Pruebas para soldadura a tope



Pruebas para soldadura a tope

En la Preparación, los especímenes deben ser cortados conteniendo al centro de la junta soldada, de acuerdo a la localización transversal con las dimensiones y en las cantidades mínimas de éstos y pruebas que deben realizarse, las cuales están dadas de acuerdo con la localización transversal mostrada en el código API STD 1104, sección 2, párrafo 2.6.1.

- a) Los especímenes deben ser preparados como indique el especialista en pruebas y de acuerdo a la Normatividad.
- b) Para tubos menores de 60.33 mm (2.375 in) de diámetro exterior, deben realizarse dos uniones de prueba para poder contar con el número de especímenes de prueba requeridos, los especímenes deben ser enfriados al aire a la temperatura ambiente, antes de que sean probados.
- c) Para Tubos de 33.34 mm (1.31 in) de diámetro exterior y menores, un espécimen de sección completa puede ser sustituido por los cuatro especímenes; dos de sección reducida de ranura y ruptura, y dos de doblado por la raíz.
- d) El esfuerzo de ruptura debe ser calculado dividiendo la carga máxima a la ruptura entre el área menor de la sección transversal del espécimen medido antes de aplicar la carga. La sección del espécimen debe cumplir los requisitos de las pruebas de tensión indicadas en el párrafo 6.3.3.5 de la norma API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.6.1.

6.2.3 Pruebas de soldadura en laboratorio

6.2.3.1 Prueba de rotura por tensión (rt).

Preparación

El espécimen, debe ser aproximadamente de 228.6 mm (9 in) de largo y 25.4 mm (1 in) de ancho. Puede ser cortado a máquina o con gas oxiacetileno, no es necesaria otra preparación a menos que los lados lleven ranura o no tengan un corte paralelo. Si es necesario los especímenes deben ser maquinados para que los lados sean lisos, pulidos y paralelos.

Método

El espécimen de prueba de rotura por tensión, debe ser roto bajo una carga de tensión. El esfuerzo de rotura debe ser calculado dividiendo la carga máxima a la

rotura entre el área menor de la sección transversal del espécimen medido antes de aplicar la carga.

Requisitos

El esfuerzo de ruptura de la soldadura, que incluye la zona de fusión de cada espécimen, debe ser igual o mayor que el esfuerzo de ruptura mínimo especificado para el material del tubo. Si el espécimen se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado no es menor que 95% del esfuerzo de ruptura mínimo especificado para el material del tubo, la prueba será aceptada para estar dentro de los requisitos. Si cualquiera de los especímenes se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado es menor que 95% del esfuerzo de ruptura mínimo especificado del material, la prueba debe ser rechazada y un número igual de especímenes debe cortarse de la soldadura y sujetarse al esfuerzo de tensión. Si cualquiera de los especímenes adicionales se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado está también abajo del límite indicado antes, en tal caso la soldadura debe ser eliminada y una nueva prueba del procedimiento debe efectuarse. (Ref. API STD 1104, sección 2, párrafo 2.6.2.).

6.2.3.2 Prueba de ranura y rotura (rr)

Preparación

El espécimen, debe ser aproximadamente de 228.6 mm (9 in) de longitud y 25.4 mm (1 in) de ancho y puede ser cortado con máquina o con gas oxiacetileno. La Soldadura debe ser ranurada con segueta longitudinalmente por el eje vertical de su sección transversal o sea radialmente al tubo, y por las secciones extremas de la soldadura; cada ranura debe ser aproximadamente de 3.18 mm (1/8 in) de profundidad.

En el espécimen de ranura y rotura preparado de esta manera para soldadura hecha con algún proceso automático o semiautomático, puede fallar la placa base del espécimen en vez de la soldadura. Cuando por experiencias anteriores de pruebas se esperan fallas en la soldadura, para que esto último suceda, el refuerzo exterior de la soldadura puede ser ranurado longitudinalmente a una profundidad que no exceda de 1.59 mm (1/16 in) de profundidad medido desde la superficie original de la soldadura.

Es opcional que el espécimen de ranura y rotura, para calificar un procedimiento automático o semiautomático de soldar, pueda ser macro grabado previamente al ranurado. Puede usarse como reactivo una parte de persulfato de amonio sólido en nueve partes de agua, por peso, frotando vigorosamente la cara pulida de la soldadura con una tela de algodón saturada con dicho líquido, a la temperatura ambiente y lavando después el espécimen con agua, de preferencia caliente.

Foto 6.5 Pruebas de Ranura y Rotura (rr)



Método

El espécimen debe ser fracturado en cualquiera de las formas siguientes: con una máquina para aplicar tensión; golpeando al centro del espécimen apoyado en sus extremos; sujetando un extremo y golpeando el otro extremo.

El área expuesta de la fractura debe ser cuando menos 19.05 mm (3/4 in) de ancho.

Requisitos

La superficie expuesta de cada espécimen debe mostrar una penetración y fusión completas, no deben existir más de seis cavidades de gas por pulgada cuadrada de área en la superficie fracturada y la dimensión mayor de las cavidades no debe exceder de 1.59 mm (1/16 in). Las inclusiones de escoria no deben tener más de 0.79 mm (1/32 pulgada) de espesor y una longitud no mayor de 3.18 mm (1/8 in) o la mitad de espesor de pared nominal, cualquiera que sea menor, debiendo tener cuando menos 12.7 mm (1/2 in) de metal sano de la soldadura entre inclusiones adyacentes. (Ref. API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.6.3.).

6.2.3.3 Prueba de doblado de raíz (dr) y doblado de cara (dc)

Preparación

Los especímenes deben tener cuando menos 228.6 mm (9 in) de largo por 25.4 mm (1 in) de ancho y los lados deben ser redondos a todo lo largo. Podrán ser cortados a máquina o con gas oxiacetileno. El cordón de soldadura en la raíz y en el refuerzo deben ser removidos emparejándolos hasta la superficie del espécimen estas superficies deben ser pulidas, cualquier ralladura que exista debe ser leve y transversal a la Soldadura.

Método

El espécimen debe ser doblado en una guía dobladora para prueba, cada espécimen debe colocarse en la matriz con la soldadura a medio espacio. El espécimen de doblado de cara debe ser colocado con la cara de la soldadura directamente hacia la abertura; el espécimen de doblado de raíz debe colocarse con la raíz de la soldadura directamente hacia la abertura. El émbolo debe ser forzado dentro de la abertura hasta que la curvatura del espécimen tome la forma de U.

Requisitos

La prueba de doblado se considerará aceptada si no hay grietas u otros defectos que excedan de 3.18 mm (1/8 in) o de la mitad del espesor nominal de pared, el que sea menor, en cualquier dirección que se presenten en la soldadura o entre la soldadura y la zona de fusión después de haberse doblado. Las grietas que se originen a lo largo de los bordes del espécimen durante la prueba, que sean menores de 6.35 mm (1/4 in) medido en cualquier dirección no deben ser considerados, a menos que se observen como defectos evidentes. Cada espécimen sujeto a la prueba de doblado debe satisfacer estos requisitos. (Ref. API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.6.4.).

6.2.3.4 Prueba de doblado lateral (dl)

Preparación

El espécimen debe ser cuando menos de 228.6 mm (9 in) de largo por 12.7 mm (1/2 in) de ancho, los bordes deben ser redondeados, pueden cortarse a máquina o con gas oxiacetileno a 19.05 mm (3/4 in) de ancho y después maquinado o limado hasta dejar 12.7 mm (1/2 in) de ancho. Los lados deben ser pulidos y paralelos.

El refuerzo de la soldadura en la cara y en la raíz debe ser removido hasta emparejarlo con la superficie del espécimen.

Método

El espécimen debe doblarse en una guía dobladora de prueba, cada espécimen debe colocarse en la matriz, con la soldadura a la mitad de la abertura y con la cara de la soldadura a 90 grados de la dirección del doblez. El émbolo debe forzarse dentro de la abertura hasta que la curvatura del espécimen adquiera la forma de u.

Requisitos

Cada espécimen debe cumplir los requisitos de la prueba de doblado de cara y de raíz, ya descritos en la prueba anterior. (Ref. API STD 1104, sección 2, párrafo 2.6.5.).

6.2.3.5 Pruebas de soldaduras en filete

Preparación

Los especímenes deben ser cortados en la Junta, el número mínimo de los especímenes y la prueba a que serán sometidos.

Los especímenes deben ser preparados, cortados a máquina o con gas oxiacetileno, con los lados paralelos y pulidos, 25.4 mm (1 in) de ancho cuando menos y suficiente longitud para que puedan ser rotos.

Para tubos menores de 60.33 mm (2 3/8 in) de diámetro exterior, deben hacerse dos soldaduras de prueba para obtener el número de especímenes requeridos, los cuales serán enfriados al aire ambiente antes de la prueba.

Método

Los especímenes deben romperse soportándolos por sus dos extremos y golpeando el centro, o bien soportando un extremo y golpeando el otro. Los especímenes deben ser doblados de manera que la raíz de la soldadura sea sujeta a la mayor deformación.

Requisitos

Las superficies expuestas del espécimen deben mostrar completa penetración y no más de 6 cavidades de gas por pulgada cuadrada de la superficie del área, que tenga una dimensión mayor que no exceda 1.59 mm (1/16 in).

Las inclusiones de escoria no deben ser mayores que 0.79 mm (1/32 in) de espesor y una longitud de 3.18 mm (1/8 in) o la mitad del espesor nominal de la pared más delgada de las piezas soldadas, el caso que resulte de

menor valor; además deben tener una separación cuando menos de 12.7 mm (1/2 in) de metal sano. (Ref. API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.8).

6.2.4 Tipos de soldadura, diseños de junta y niples de transición

Soldadura a tope

Las juntas soldadas a tope pueden ser con ranura tipo V sencilla, doble V, o de otro tipo apropiado. Los diseños de juntas o las combinaciones aplicables de estos detalles para el diseño de juntas se recomiendan para extremos de igual espesor. La transición entre extremos de espesor diferente puede lograrse por medio de un rebaje, por soldadura o por medio de un niple de transición prefabricado de una longitud no inferior a la mitad del diámetro del tubo, con diseños de junta aceptables.

Soldaduras de filete

Las soldaduras de filete pueden ser desde cóncavas hasta ligeramente convexas. Para fines de resistencia el tamaño de una soldadura de filete se mide como la longitud del cateto del mayor triángulo rectángulo de catetos iguales inscrito en la sección transversal de la soldadura, que cubre los detalles recomendados para las conexiones de bridas.

Soldaduras de puntos

Las soldaduras de puntos se deben realizar por soldadores calificados al igual que todas las demás soldaduras.

Los diseños de juntas serán como se indica en los códigos ASME B31.8, capítulo II, párrafo 822 y ASME B31.4, capítulo V, párrafo 434.8.

Proceso de soldadura con arco.

El contratista, propondrá el diámetro y tipo de electrodos a utilizar, para el procedimiento de soldadura con arco, en sus fases de fondeo, paso caliente, relleno y cordón de vista y con inspección de radiografiado al 100 % de todas las juntas soldadas. ASME Sección VIII y IX

Proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático.

El contratista propondrá el diámetro y tipo de electrodos a utilizar, para el procedimiento de soldadura semiautomático en sus fases de fondeo, paso caliente, relleno y cordón de vista y con Inspección de radiografiado al 100 % de todas las juntas soldadas. ASME Sección VIII y IX.

Observaciones que debe considerar el contratista:

- a) Los electrodos deben ser seleccionados para proporcionar soldaduras con una resistencia igual o ligeramente mayor a la resistencia de los tubos a unir y tener una composición química similar a la del metal base.
- b) La operación de soldado se debe proteger (en techumbre y paredes en 4 lados) de las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, polvo, humedad, frío, etc.) que puedan ser perjudiciales para la soldadura.
- c) El alineamiento de los tubos de diámetro de 304.8 mm (12 in) y mayores, debe realizarse mediante alineadores interiores y mantenido durante el fondeo. En los empates se debe utilizar alineador exterior tipo canasta, el cual debe mantenerse hasta aplicar el fondeo en el 50% de la circunferencia del tubo.
- d) En caso de ser aprobada la tubería con costura longitudinal, Los tubos se deben alinear alternando su costura longitudinal a 30 grados a cada lado del eje vertical. La conexión eléctrica de tierra no debe soldarse a la tubería, así como tampoco debe realizarse sobre equipos de proceso instalados como medio de continuidad eléctrica para cerrar el circuito con la pieza que se va a soldar.
- e) Precalentamiento, los aceros al carbono que tienen un contenido de carbono mayor de 0.32% determinado por análisis de cuchara o un carbono equivalente (C+1/4 MN) mayor de 0.65% determinado por análisis de cuchara, deben precalentarse a la temperatura indicada por el procedimiento de soldadura en el cual aplicara en forma similar ductos que conducen líquidos. (Ref. ASME B31.8, Capítulo II, Párrafos 823.23 y 824.).
- f) Relevado de esfuerzos, los aceros al carbono que tienen un contenido de carbono mayor de 0.32 % de carbono, o un equivalente de carbono mayor de 0.65 %, ambos determinados por análisis de cuchara, deben relevarse de esfuerzos. El relevado de esfuerzos puede ser conveniente para los aceros de bajo contenido de carbono o equivalente de carbono cuando existen condiciones adversas de enfriamiento rápido de la soldadura el cual aplicará en forma similar a ductos que conducen gas y líquidos. (Ref. ASME B31.8, Capítulo

II, Párrafos 825 al 825.5.). El contratista deberá observar lo siguiente:

- g) La temperatura de relevado de esfuerzos aplicara en forma similar a Ductos que conducen gas y líquidos deberá realizarse como marca el Código ASME B31.8, capítulo II, Párrafos 825.6 al 825.7.
- h) El Equipo para relevado de esfuerzos local aplicara en forma similar a ductos que conducen gas líquidos debe ser y apegarse a lo indicado en el Código ASME B31.8, capítulo II, Párrafo 8.25.8.

Para el acueducto por construir, se definirá como soldadura a tope, todas aquellas juntas con el mismo espesor que se realicen y que finalmente haya que realizar su prueba hidrostática o para formación de lingadas, ya sea en terreno natural o dentro de zanja, requeridas para la formación de lingadas, estas juntas serán invariablemente radiografiadas al 100%, según recomendación de la supervisión en toda la sección por impulsión.

El contratista presentará a sus soldadores con identificación oficial, para que la supervisión les efectúe las pruebas de calificación y aprobación en su caso, así como también se le dé su marca personal.

Para todo el tramo por impulsión, se efectuara un radiografiado al 100% y para el tramo por gravedad; durante todo el curso de la soldadura de los tubos, se mantendrá un control de calidad no destructivo, del 100% de las soldaduras transversales mediante líquidos penetrantes en toda la circunferencia de cada una de las uniones soldadas, no debiéndose detectar ningún poro durante el procedimiento. Además, sobre el 10% de las soldaduras se realizará una comprobación mediante otros procedimientos, tales como radiografía o partículas magnéticas, de manera que si en más de un 5% de las soldaduras inspeccionadas se detectaran defectos, este control radiográfico podrá extenderse al 50% o incluso al 100% de las soldaduras. En el caso de piezas especiales y bridas o en el caso de obras especiales ubicadas en la zona por gravedad, la inspección será radiográfica y se efectuará en el 100% de la longitud de las juntas, los defectos que se llegaran a detectar, serán reparados por cuenta y cargo de el contratista en presencia de la supervisión de obra y dichas reparaciones serán sometidas nuevamente a inspección radiográfica con cargo a el contratista.

Queda entendido que sólo se aceptarán dos reparaciones a la misma soldadura, de persistir el defecto, el

contratista está obligado a cortar la soldadura y ajustará con un carrete no menor de 1.50 m corriendo estos gastos por cuenta de el contratista.

No deberá soldarse cuando las partes por soldar estén húmedas, cuando este lloviendo, o cuando exista viento fuerte, a menos que el Soldador y la Obra esté debidamente protegido y aprobado por la supervisión, de acuerdo con la Norma API-1107.

Cuando la supervisión de obra detecte que un soldador tiene incidencia del 15% de defectos en las soldaduras se verificará la causa y si es motivada por la pericia del soldador, la supervisión solicitará a el contratista su baja y este estará obligado a sustituirlo al día siguiente para efectuar la prueba correspondiente y la aceptación del supervisor de la fase.

El contratista deberá considerar que la soldadura a tope contempla todos los equipos necesarios, traslado de los mismos al pie de la obra, aplicación de los diferentes cordones de soldadura en la junta (fondeo, paso caliente, relleno y cordón de vista) limpieza perfecta de las escorias entre cada cordón, mano de obra, equipos, materiales y maniobras necesarias.

En los casos que al sustituir un carrete, el fondo de la excavación e inclusive hasta los taludes se encuentre material saturado, el contratista deberá colocar ademas de protección y tarimas de madera o cualquier otra protección en la caja del soldador para que este realice la soldadura en seco, sin que esto represente costo o concepto adicional de la soldadura a tope o de integración.

No se permitirá que el contratista aplique puntos de soldadura sobre el tubo para fijar el cable de tierra, sino que tendrá que habilitar los accesorios necesarios para que el cable de tierra se coloque a base de una abrazadera desmontable o cualquier otro medio que considere el contratista, siempre y cuando no aplique soldadura para su fijación, se revisará y aprobará por la supervisión el aditamento que se proponga.

Cuando se efectúe la soldadura entre dos tubos de diferente espesor, el contratista procederá al esmerilado interior para desbastar el hombro del tubo con mayor espesor hasta contar con el espesor menor para evitar la diferencia de espesores, de preferencia para mucha diferencia de espesor (más de 100 milésimas de pulgada) a criterio del supervisor, se utilizará un carrete de transición hecho en taller de torno.

Acoplamiento o unión especiales para tubería diferente al acero.

El contratista deberá proponer el tipo de unión cuando se tengan materiales de diferentes características, un ejemplo se puede presenta en los cruzamientos con el método de perforación direccional controlada, por el propio procedimiento de ésta tecnología se debe utilizar tubería de acero al carbono en el cruce y se maneja hasta 1220 mm (48 in) de diámetro, pero quizás la tubería de conducción que proponga el contratista en esa zona sea diferente material y mayor diámetro, por ende, se deberá proponer el acoplamiento respectivo en ambos extremos del cruzamiento, dando la garantía que deberá existir plena hermeticidad en la junta, así como en el suministro de las piezas, las cuales deberán ser de fabrica (no se permitirán hechizas).

6.2.5 Cortes y biselado en tubería

En el transcurso de la fase de soldadura y para efecto de hacer ajustes con cortes a la Tubería en línea regular, en obras especiales ó en la prueba hidrostática, El contratista deberá de contar con el equipo adecuado para ello tal como biseladoras de fábrica, con todos sus accesorios y efectuar los cortes y biselados adecuadamente, utilizando para ello equipo de corte oxiacetileno, al igual que los ajustes necesarios para su Instalación fuera de la excavación. Es obligación del contratista que su personal cuente con el equipo de protección para ejecución de los trabajos (mangas, guantes, caretas vidrios oscuros y claros, ropa de algodón, goggles, etc.).

El contratista deberá presentar a la Supervisión con anticipación al inicio de corte de tubería, todos los equipos que participarán en los trabajos para hacerles una evaluación de las condiciones de operación. Esta situación deberá considerarla El contratista dentro de su propuesta técnica, ya que no tendrá derecho alguno a reclamación por este requerimiento.

6.3 Inspección

6.3.1 Inspección radiográfica de soldaduras en tubería de acero

En caso que el contratista no cuente con la especialidad, la inspección y pruebas de las soldaduras las efectuará el contratista mediante un subcontrato, con una empresa especializada y deben cumplir con lo estipulado en la última edición del código ASME sección V, artículo 2 o por el código API STD 1104, Sección 5, párrafos 5.1 al 5.2.

El contratista encargada de la construcción, debe mostrar a la supervisión las placas y reportes radiográficos de soldaduras inspeccionadas, como son: las aceptadas, rechazadas y reparadas o sustituidas, al terminar la construcción se conservarán de manera adecuada las placas y reportes radiográficos, en grupos correspondientes a los planos de trazo general por secciones de 3 km. en línea regular y por grupo de obras especiales.

Las placas radiográficas de las soldaduras deben tener indicadas las referencias necesarias para la identificación y localización de la junta en el campo, como son:

Sistema de tubería, diámetro, tramo o parte del sistema inspeccionado, kilometraje, número progresivo de junta, etc., de manera que la soldadura en cuestión y cualquier discontinuidad en ella pueda ser localizada precisa y rápidamente. (Ref. API STD 1104, Sección 8, Párrafo 8.1.8). En las placas radiográficas debe aparecer perfectamente visible el penetrómetro correspondiente.

El personal técnico encargado de tomar, revelar e interpretar radiografías de uniones soldadas, así como el de reportar resultados de la Inspección, debe tener y presentar documentación que lo acredite como técnico calificado en inspección no destructiva y además reunir los requisitos siguientes (Ref. API STD 1104, Sección 5, párrafo 5.3 al 5.4):

- a) Identificar con certeza a su poseedor.
- b) Indicar la norma conforme a la cual fue calificado y los procedimientos de inspección no destructiva (IND) que fueron incluidos en dicha calificación.
- c) Indicar la institución u organismo que expide la documentación.

Algunos de los procedimientos y registros de inspección no destructiva (IND) para los cuales un técnico podrá ser calificado son los siguientes (Ref. API STD 1104, Sección 5, Párrafos 5.4.1 al 5.6.3.2):

- a) Inspección radiográfica (IR).
- b) Inspección con partículas magnéticas (IPM).
- c) Inspección ultrasónica (IU).
- d) Inspección con líquidos penetrantes (ILP).

Los tres niveles básicos de calificación de un técnico en inspección no destructiva (IND) son los siguientes (Ref. API STD 1104, Sección 5, párrafos 5.4.1 al 5.4.2).

Nivel I.

Está calificado para ejecutar correctamente calibraciones de los equipos, inspecciones y evaluaciones específicas de acuerdo con instrucciones escritas de la técnica de la Inspección para la cual fue calificado y para registrar los resultados adecuadamente. Debe ser guiado y supervisado por un técnico de nivel II ó III.

Nivel II.

Está calificado para ajustar y calibrar los equipos, para interpretar y evaluar los resultados con respecto a los códigos, normas, estándares o especificaciones aplicables. Además, está familiarizado con el alcance y limitaciones del procedimiento; prepara instrucciones escritas y organiza, controla y reporta los resultados de las inspecciones no destructivas para el cual fue calificado.

Nivel III.

Está calificado para establecer técnicas de inspección, para interpretar códigos, normas, estándares o especificaciones, así como para diseñar el procedimiento y la técnica particular a utilizar. Es responsable de las operaciones de inspección no destructiva para las que fue calificado y de las cuales está encargado. Está capacitado para evaluar los resultados con respecto a los códigos, estándares y especificaciones existentes.

Antes de realizar las pruebas no destructivas en las soldaduras efectuadas en el día deberá verificarse que el equipo, fuentes, películas, materiales para revelado, etc., se encuentran en condiciones adecuadas de uso.

6.3.2 Proceso de la inspección radiográfica

El contratista deberá presentar el procedimiento de inspección que se realizará para observar la sanidad de la soldadura, que deberá considerar:

6.3.2.1 Técnica del proceso de inspección radiográfica

A-1 Generalidades

- 1.1.- El contenido de este documento reglamenta y precisa la técnica para prestación de los servicios de inspección radiográfica.
- 1.2.- El propósito de la aplicación del presente documento es el de asegurar para la Conagua, un servicio de primera calidad con eficiencia óptima y seguridad extrema.
- 1.3.- La Conagua, tiene la facultad para exigir la aplicación y el cumplimiento del presente documento, a través del personal de supervisión que para cada obra designa.
- 1.4.- La supervisión tiene la facultad de revisar en cualquier momento los aspectos Técnicos del Servicio Subcontratado.

A-2 Personal

- 2.1.- El Personal que tenga a su cargo la Inspección radiográfica deberá estar capacitado para realizar en óptimas condiciones el trabajo encomendado.
- 2.2.- La aptitud del personal deberá ajustarse a los lineamientos generales que recomienda ASNT-TC 1A de la Sociedad Americana de Pruebas no Destructivas.
- 2.3.- El técnico responsable de la unidad de Inspección radiográfica deberá tener la capacidad de un Técnico Nivel II.
- 2.4.- El auxiliar técnico ó auxiliar de la unidad de inspección radiográfica deberá contar con la aptitud de un nivel I.
- 2.5.- La supervisión comprobará la aptitud del técnico responsable mediante la presentación de documentos debidamente acreditados por la IMENDE (Instituto Mexicano de ensayos no destructivos).
- 2.6.- El contratista llevará un control de registro sobre la capacidad y eficiencia del trabajo de cada técnico nivel II y en cualquier momento efectuar nuevas pruebas de calificación, si hubiera dudas justificadas y/o

solicitar su sustitución, lo anterior será verificado, coordinado y avalado por el Supervisor de obra.

- 2.7.- Cuando un técnico nivel II calificado y aceptado por la supervisión, cambia de frente le revalidará su calificación con la sola demostración practicada de su aptitud.
- 2.8.- La compañía de Inspección radiográfica está obligada a proporcionar capacitación permanente a su personal en el lugar de la obra o donde lo decida y así elevar su nivel técnico, a lo expuesto le dará seguimiento el contratista y será verificado por la supervisión.
- 2.9.- La compañía de Inspección radiográfica proporcionará a su Personal la debida supervisión técnica y administrativa, de tal forma que se les proporcione los elementos necesarios para el buen cumplimiento de su labor.

A-3 Equipos y materiales

- 3.1.- La compañía de radiografía debe proporcionar a sus unidades el equipo necesario y materiales suficientes para la ejecución del trabajo, a lo expuesto le dará seguimiento el contratista y será verificado por la supervisión.
- 3.2.- Al iniciar el trabajo y posteriormente cada mes, la supervisión hará un inventario a fin de verificar que se cuente con el equipo y materiales necesarios y en buen estado para el trabajo.
- 3.3.- Si el equipo y material fueran inadecuados, en el mal estado o insuficiente para el trabajo, no se aceptará la unidad radiográfica y deberá ser remplazada de inmediato.
- 3.4.- El equipo (fuentes radioactivas) puede ser de fabricación nacional o extranjera si no hay en el mercado nacional y de la marca que mejor se adapte a cada caso de Inspección, mostrando su respectiva placa, con todos los datos de su capacidad nominal, equipo portátil de rayos "Gamma" focales con fuente de 117 volts o de rayos X.
- 3.5.- Las fuentes radioactivas serán de una capacidad nominal y no se permitirá su uso cuando la capacidad sea inferior, para el caso de la fuente de rayos Gamma se deberá presentar a la supervisión el registro respectivo para verificar su vida

útil y para rayos X, se efectuarán las pruebas necesarias para su verificación.

- 3.6.- La supervisión someterá a prueba las veces que considere necesario, el equipo presentado por la compañía de radiografías.

A-4 Técnica de trabajo

4.1.- Preparación de la Soldadura.

- 4.1.1. Antes de proceder a la inspección radiográfica la supervisión verificará visualmente que la soldadura este bien terminado y que en ningún punto exista corona baja.
- 4.1.2. La corona o refuerzo debe ser de la altura señalada por la norma o código respectivo y razonablemente uniforme a fin de evitar confusiones con las indicaciones radiográficas.
- 4.1.3. Cuando la corona sea contorno irregular debido a las aplicaciones de cordones de soldadura en serie (ejemplo: posición horizontal), se deberá aplicar soldadura adicional, eliminando las irregularidades con disco abrasivo.
- 4.1.4. La inspección radiográfica puede iniciar una vez que la soldadura esté a la temperatura ambiente.

4.2.- Fuentes de radiación:

- 4.2.1. Rayos Gamma focales (direccionales), la Inspección radiográfica será permisible utilizando la fuente de radiación más apropiada.
- 4.2.2. Utilizables para espesores no mayor de 38 mm (1 ½ in), y además si el dispositivo y geometría de la Unión soldada permiten el acceso y colocación de la placa.
- 4.2.3. Rayos Gamma radiales (panorámicos) auto pulsados.
- 4.2.4. Rayos Gamma de Iridio 192.
- 4.2.5. Aplicables para radiografías de espesores de 1/3 in (8.5 mm), a 3 in (76 mm), se podrá usar para espesores de ¾ in (19 mm) pero deberá utilizarse películas de mayor contraste y previa

demostración de que se cumpla con la calidad requerida.

- 4.2.6. Rayos Gamma de cobalto 60, sólo se aplicará esta fuente de radiación para espesores superiores a 2 in (50 mm) de espesor.
- 4.2.7. Rayos X, cuando los proponga la empresa y sean autorizados por la supervisión.

4.3.- Películas y pantallas radiográficas:

- 4.3.1. Se usaran películas de 3 ½ in (89 mm) de ancho y en caso de otra propuesta, será aprobada por la supervisión.
- 4.3.2. Se debe usar película tipo ASTM I ó II, no se permite el uso de película Tipo II o IV, tampoco de tipo médico.
- 4.3.3. Con rayos Gamma sólo se podrán usar pantallas intensificadoras de plomo o fluorescentes, preferentemente de plomo.
- 4.3.4. No se permite el uso de películas defectuosas con velo por envejecimiento o dañadas físicamente, en caso de duda la supervisión exigirá la comprobación de la calidad de la película, con el documento correspondiente.

4.4.- Proceso.

- 4.4.1. Se deberá efectuar en una caseta-laboratorio, limpia, ordenada y con todos los materiales de instrumentos necesarios.
- 4.4.2. Se deberán llevar a cabo las recomendaciones de tiempo-temperatura que marca el fabricante de la película.
- 4.4.3. Por ningún motivo se compensará una sobre exposición con una disminución o incremento en el tiempo de revelado respectivamente.
- 4.4.4. El proceso debe cumplir la técnica y el cuidado tales que se eviten los defectos.
- 4.4.5. Debe enjuagarse suficientemente para evitar residuos de tiosulfuro sobre la radiografía.

- 4.4.6. En sus demás aspectos, el proceso debe ser siguiendo las guías generales de la práctica y recomendadas por la norma respectiva que indique la supervisión.
- 4.4.7. La cantidad de penetrómetros a usar será como sigue:
 - 4.4.7.1. Para placas radiográficas con longitud de 300 mm (12 in) o más se usaran dos penetrómetros en la pared superior y a los extremos dentro de la primera pulgada interpretable y otro penetrómetro adicional en la parte inferior y al centro, esto es para cuando se tome una placa por cada exposición.
 - 4.4.7.2. Cuando se usa una técnica radial en tubería y se emplea tres o más placas en una sola exposición, es suficiente emplear un penetrómetro por cada placa y colocado al centro de la parte inferior, si la soldadura se toma con dos o una sola placa que abarque toda la circunferencia, debe usar tres penetrómetros colocados equidistantes alrededor del tubo.
 - 4.4.7.3. Cuando se tomen las placas de menos de 300 mm (12 in) es suficiente un penetrómetro colocado al centro.
- 4.5.- Densidad radiográfica.
 - 4.5.1. La densidad que inhiben las radiografías en el área de interés será de 108 H.D., para rayos X y 2.0 HD. Para rayos Gamma como mínimo, la densidad máxima permisible estará limitada por la condición de que las radiografías sean fácilmente interpretables en los negativos de fábrica.
 - 4.5.2. El personal de la compañía comprobará ante la supervisión, la densidad con un densitómetro electrónico calibrado y certificado o en su defecto con una tira de película para comparación de densidades certificadas.
- 4.6.- Técnica de exposición. Se utilizarán las siguientes técnicas para la exposición radiográfica.
 - 4.6.1. Exposición en pared doble con interpretación de pared sencilla. Esta técnica se usará para tubería con diámetro exterior de 16 in (40 cm) o más, usando rayos Gamma o con Rayos X la fuente se coloca fuera del tubo y la película queda diametralmente opuesta, como máximo, se consideran interpretables a la tercera parte de la circunferencia.
- 4.7. Técnicas especiales. Cuando sea necesario emplear técnicas especiales, la compañía de radiografías deberá seleccionar la más apropiada, que deberá ser aprobada por la supervisión.
 - 4.7.1. Toda la placa radiográfica debe contener la información que permita relacionaría perfectamente con la Soldadura donde fue tomada.
 - 4.7.2. La identificación se formará proyectando sobre la película la imagen de letra y número de plomo, de un tamaño tal que no ocupe demasiado espacio o impida apreciar las zonas de interés, el tamaño recomendable es un $\frac{1}{4}$ in (6.4 mm).
- 4.8.- La información contenida en la identificación debe abarcar:
 - 4.8.1.- Nombre de la Conagua.
 - 4.8.2.- Nombre del contratista.
 - 4.8.3.- Nombre de la obra o proyecto.
 - 4.8.4.- Número de claves o líneas en donde se tome la radiografía.
 - 4.8.5.- Número de la junta o vena.
 - 4.8.6.- Tercio del tubo o numero de la placa.
 - 4.8.7.- Nombre del contratista subcontratista de la Inspección, si fuera el caso.
 - 4.8.8.- Fecha en que se tomo.
 - 4.8.9.- Clave del soldador.
 - 4.8.10.- Los penetrómetros requeridos.
 - 4.8.11.- Kilometrajes.
 - 4.8.12.- Marca de una escala para localización de los defectos.
- 4.9. Porcentaje de inspección. Los porcentajes a inspeccionar tanto en la tubería como en otras unidades los determinara la supervisión, a través de un supervisor de fase de soldadu-

ra de obra de campo, tales porcentajes podrán incrementarse o reducirse conforme a la incidencia de fallas, del avance la obra y de acuerdo a los resultados de inspección.

A-5 Calidad radiográfica

- 5.1.- Los servicios que presentan las compañías de inspección son especializados, por lo tanto, el trabajo recibido debe ser de calidad profesional.
- 5.2.- La radiografía deberá exhibir el número de penetrómetros enumerado en el punto 4.4.7 y debe distinguirse claramente su contorno y la imagen del agujero esencial por lo menos, en caso de incumplimiento la supervisión instruirá sobre una nueva toma.
- 5.3.- Las radiografías deben presentarse libres de defectos de procesado, incluyendo:
 - 5.3.1.- Sobre-velado.
 - 5.3.2.- Sobre-revelado.
 - 5.3.3.- Marcas por escurrido.
 - 5.3.4.- Marcas por estadísticas.
 - 5.3.5.- Marcas por pantallas deterioradas.
 - 5.3.6.- Rayones.
 - 5.3.7.- Marca de Presión.
 - 5.3.8.- Velo por luz.
 - 5.3.9.- Alta o baja densidad.
- 5.4.- Debe mostrarse una identificación completa, como se exige en el punto 4.8.
- 5.5.- Una vez procesada completamente la película debe quedar libre de residuos químicos a fin de que dure en perfectas condiciones por lo menos 5 años después de terminada la obra, la supervisión lo verificará selectivamente.
- 5.6.- Deberá tener una densidad radiográfica dentro de los límites establecidos por el punto 4.5.1.
- 5.7.- La imagen de la soldadura deberá encontrarse al centro de la placa radiográfica, no será aceptable si la soldadura se muestra traslapada con la identificación.

A-6 Interpretación y reportes

- 6.1.- Es responsabilidad del personal de la compañía radiográfica la interpretación de las radiografías y la formulación de reportes.
- 6.2.- La interpretación y la aceptabilidad deben ser en base a lo indicado por norma o código aplicable.

6.3.- La formulación de los reportes debe ser en forma impresa, cuyo diseño y claves cumplan con los requerimientos de la supervisión.

6.4.- La interpretación debe ser en un negatoscopio de intensidad variable y en local semi-oscuro.

6.5.- Cuando sea urgente un resultado radiográfico en campo, éste se formulará de inmediato como es el caso para las obras especiales.

6.6.- Nunca se interpretará una radiografía a la luz del sol completamente o a la luz de un foco.

6.7.- Si la calidad del trabajo y la interpretación no son correctos, la supervisión exigirá al contratista se tome el trabajo de nuevo sin costo adicional en la misma.

6.8.- Una vez que la supervisión reciba a satisfacción el trabajo radiográfico y sea comprobada la sanidad de la junta, la empresa procederá a hacer el archivo correspondiente de las placas y copias de los reportes, los cuales serán guardados en cajas de madera de una dimensión tal que permita su manejo y deberá notarse en su exterior, la relación de su contenido (cantidad, sección de toma, fecha, copia de los reportes, etc.).

6.9.- Cada técnico radiográfico debe tener la aptitud para interpretar y formular sus respectivos reportes.

A-7 Seguridad

7.1.- La compañía de inspección radiográfica debe cumplir con los requisitos que señala la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardas.

7.2.- Deben contar con dosímetros de radiación que permitan resolver cualquier situación de emergencia.

7.3.- El trabajo se debe conducir con las precauciones necesarias para que el personal del contratista, de la supervisión, campesinos, pobladores de zonas rurales, de zonas urbanas ó Industriales ó de otras compañías no reciban daño alguno por radiaciones y para los efectos colocaran las señales reglamentarias en lugares visibles y a las distancias Normativas.

7.4.- Si el equipo radioactivo, las técnicas de trabajo o las precauciones del personal del subcontratista de radiografías son deficientes, de tal forma que resulten afectadas terceras

personas, el contratista solicitará la asesoría o intervención de la Comisión Nacional de Energía Nuclear y Salvaguardas y emitirá el reporte respectivo a la supervisión de obra, siendo responsabilidad del contratista afrontar las consecuencias y pago de daños motivado por el evento inesperado, así como los reclamos legales a que tenga lugar.

- 7.5.- En los aspectos generales de seguridad, el trabajo deberá ejecutarse observando las condiciones de seguridad industrial, higiene y protección ambiental consideradas en el CPS, a las normativas específicas aún sin estar anotadas en el CPS, a las que establezca la supervisión de obra, a las establecidas por entidades (PEMEX, CFE, TELMEX, Municipios, Industriales, etc.) establecidas en los lugares donde cruza la obra.

A-8 Control en el trabajo

- 8.1.- El personal de inspección radiográfica deberá prestar el servicio durante la jornada especificada en el CPS.
- 8.2.- El horario lo fijará el contratista y avalará la supervisión, según las necesidades de la propia obra, la duración de la jornada será de 10 horas y eventualmente cuando así requiera hasta 12 horas como se indica, de cuyo tiempo el 30% será para efecto de laboratorio y formulación de reportes radiográficos.
- 8.3.- El reporte radiográfico así como las películas deberán ser entregados diariamente al final de la jornada y de inmediato cuando la urgencia del caso lo amerite (en obras especiales ó en empates finales).
- 8.4.- El trabajo desarrollado durante la jornada será el correspondiente a la orden de trabajo que el contratista le gire a cada unidad a las 8:00 h (o el horario que se disponga) y el reporte radiográfico se anotará en el número de la orden de trabajo ejecutado.
- 8.5.- El contratista proporcionará a la supervisión la información relativa al volumen de obra generado semanalmente.
- 8.6.- Los reportes deberán indicar la hora de entrada y salida, el rendimiento estipulado, el contratista tendrá la facultad de descontar en sus

estimaciones el importe correspondiente y/o rechazar al técnico radiográfico según recomendación de la supervisión de la obra.

- 8.7.- En los días de lluvias y en los que la unidad no labore, el contratista, según lo subcontratado retribuirá o no, el pago de la jornada correspondiente, siendo la supervisión y la **Conagua**, ajena a la consideración de las jornadas no laboradas.

6.3.2.2 Obligaciones y responsabilidades de el contratista y el subcontratista, si fuera el caso

- a) El trabajo por inspeccionar será indicado por el supervisor de la obra.
- b) Será responsabilidad del contratista, exigir al especialista en inspección, contar con la cantidad de equipo (s) de la capacidad adecuada para la ejecución de los trabajos.

6.3.2.3 Personal técnico y requisitos de calidad para la mano de obra

La supervisión, comprobará la aptitud y las características del personal que operan las unidades radiográficas. Se consideran dos técnicos radiográficos nivel I, y técnico nivel II por cada unidad radiográfica, que se clasificarán de acuerdo con ASNT (Sociedad Americana de Pruebas no Destructivas).

El contratista tendrá como residencia la que determine el contratista y apruebe la supervisión, de tal forma que sea estratégica y cercana al lugar de los trabajos de Inspección, así también, deberá tener la disponibilidad en cualquier momento que se requiera (en cierre en obras especiales) y el tiempo que dure la ejecución del servicio.

Los trabajos de inspección radiográfica podrán ser subcontratados ya que son servicios fuera de la especialidad del contratista.

6.3.3 Inspección con líquidos penetrantes, para soldaduras en tubería y accesorios de acero

El proceso será auxiliar para detectar defectos superficiales en uniones soldadas en tuberías de acero, para situaciones donde se dificulta la insp

- a) Calificación del personal, el procedimiento debe ser realizado por: un inspector nivel I como mínimo, en líquidos penetrantes quien será el responsable de realizar las etapas hasta el registro de resultados. Un inspector nivel II como mínimo en líquidos penetrantes quien interpretará los resultados obtenidos.
- b) Método, la básica de éste método es a través del contraste de color.
- c) Rango de temperatura, para la aplicación del método, se requieren temperaturas de entre 16-51 °C.
- d) Materiales mínimos requeridos para la utilización del método:
- e) Pre-limpiado, solventes: Acetona, etilbenceno, tetracloruro de carbono, Mek, etc. (según los recursos que proponga el contratista y sea aprobado por la supervisión de la Conagua).
- f) Penetrante, removedor, revelador, de siguientes características:
 - Penetrante: VP-31
 - Emulsificador: E-50
 - Removedor: agua
 - Revelador: D-70
- g) Preparación de la superficie, pueden obtenerse resultados satisfactorios condiciones de forja, soldado o maquinado. Puede ser necesaria la preparación de maquinado en donde las irregularidades de manera de indicar discontinuidades. Las superficies por examinarse y todas las áreas adyacentes de cuando menos una pulgada, deberán estar secas y limpias eliminando grasas, costra, fundente para soldar, salpicaduras de soldadura, aceite y otra materia extraña que puede opacar las aberturas de la superficie o interferir en cualquier forma la Inspección.
- h) Secado de la superficie. El secado debe efectuarse permitiendo un mínimo de 5 minutos para la evaporación normal del solvente.
- i) Aplicación penetrante, la superficie deberá cubrirse completa y uniformemente con el penetrante por medio de aspersion o con brocha. La temperatura del penetrante y la superficie por inspeccionarse no debe estar debajo de 16 °C (60°F) o arriba de 51°C (125°F) durante la inspección.
Tiempo de penetración: 10 minutos mínimo, 1 hora máximo.
- h) Eliminación del exceso de penetrante, después

de transcurrido el tiempo de penetración, deberá limpiarse el penetrante remanente que quede en la superficie. Debe tenerse cuidado para no excederse en la remoción de penetrante de alguna falla por pequeña que sea.

- Penetrante removible con solvente. Deberá quitarse el exceso de penetrante, hasta donde sea posible, usando trapos secos, limpios o papel absorbente. La operación debe repetirse hasta haber quitado la mayor cantidad de trazas de penetrante. Deberá humedecerse después un papel absorbente o trapo seco, limpio, con removedor y después tallarse ligeramente la superficie hasta quitar todas las trazas remanentes del exceso de penetrante. Deberá tenerse cuidado para no usar el removedor en exceso con objeto de evitar que se quite el penetrante de las discontinuidades. Por ningún motivo se debe enjuagar la superficie con removedor después de la aplicación de penetrante y antes del revelado.
- Penetrantes post-emulsificadores y lavables con agua. Deberá eliminarse el exceso de penetrante lavando con agua automatizada, aplique los penetrantes emulsificadores después de la aplicación del emulsificador, como una sobre-capa y dar un tiempo para emulsificar de:
 - Tiempo de emulsificación: 5 minutos máximos.
 - Presión de agua: 3.5 kg/cm² máx. (50 psi).
 - Temperatura del agua: 43°C máximo (110°F).

Secado de la superficie

3. Método para quitar el solvente. El secado deberá efectuarse esperando cuando menos 5 minutos para la evaporación normal.
4. Post-emulsificadores y método lavable en agua. El secado puede efectuarse con trapos limpios o papel absorbente, o circulando aire caliente.
- I. Aplicación del revelador. La superficie por examinar debe estar uniformemente recubierta con el revelador. Deben aplicarse las suspensiones de solvente solamente por aspersion.

- j) La interpretación final, deberá hacerse después de haber dejado que el penetrante salga, esperando de 7 a 30 minutos.
- k) Iluminación. Se necesita una iluminación adecuada para estar seguro de no tener pérdidas de sensibilidad en la Inspección.
- l) Evaluación de las manchas o señales. Las manchas importantes son aquellas que resultan de discontinuidades mecánicas y son:
 - Las manchas lineales son aquellas cuya longitud es mayor de tres veces el ancho. Solamente se consideran importantes las manchas mayores de 1.58 mm (1/16 in).
 - Las manchas redondas, circulares o elípticas con longitud menor de 3 veces el ancho.
 - Cualquier mancha dudosa o ambigua deberá probarse de nuevo para verificar si están o no presentes verdaderos defectos.
- m) Normas de aceptación-rechazo. Se aplicarán estas normas de aceptación a menos que se especifiquen otras normas para usos específicos dentro de este código mencionado. Todas las superficies deberán examinarse para ver que estén libres de:
 - Indicaciones lineales importantes
 - Cuatro o más defectos redondeados en una línea separada por 1/16 in o menos (orilla a orilla) excepto en donde la especificación del material establece diferentes requisitos para aceptación en lo que se refiere a defectos.
- n) Reparación y eliminación de defectos. Se eliminará los defectos y se examinará de nuevo asegurándose de su completa eliminación. Siempre que se elimine un defecto y no se requiera una reparación adicional con soldadura, se esmerilará la superficie circundante para evitar muescas salientes, hendiduras o esquinas.

Cuando se requiera soldar después de quitar un defecto, deberá limpiarse el área y efectuar la soldadura de acuerdo con un procedimiento calificado. Deberán examinarse de nuevo las reparaciones terminadas por el método usado originalmente para detectar dicho defecto.

 - Tratamiento de imperfecciones que se juzgan sin importancia. Cualquier indicación de una imperfección que se piense que no es importante deberá conceptuarse como un defecto a menos que al reevaluar, se demuestre por el mismo método o por el uso de otro método no destructivo y/o por acondicionamiento de superficie que es un defecto aceptable.
- o) Record de los resultados. Los resultados con la información adecuada se enviarán en un informe a el contratista y éste a la vez le entregará copia del informe a la supervisión ó según lo instruya la misma.
- p) Limpieza después del examen. Después de la Inspección final y la evaluación de las discontinuidades, se deberá limpiar perfectamente la superficie.
- q) Calificación del Procedimiento. El método de examen de líquidos penetrantes que se acaba de mencionar previamente será calificado por la supervisión.

6.3.4 Inspección con ultrasonido

El contratista debe considerar el método de inspección con los ultrasonidos para la inspección de soldaduras de tubería ó accesorios de acero y deberá presentar a la supervisión el procedimiento respectivo de aplicación y donde será utilizado. El método es mediante ondas acústicas de idéntica naturaleza que las ondas sónicas, diferenciándose de éstas en que su campo de frecuencias se encuentra en la zona audible. Este método es uno de los principales métodos de ensayos no-destructivos, para el control de la calidad y evaluación de materiales en la industria de hoy en día. Su aplicación debe considerarse por el contratista y permitirá conocer la integridad del material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la soldadura. Además de la determinación de diferencias en la estructura del material y sus propiedades físicas.

Sección 7 Tubería de polietileno de alta densidad con refuerzo de acero

7.1 Recepción y descarga

7.1.1 Descarga y manejo

Lea y siga todas las instrucciones de seguridad antes de descargar el tubo.

- a) Use un montacargas con barras de longitud completa o extensiones (típicamente de 2.44 m ó 8'), cargador de extremo delantero o retroexcavador con adaptadores de barra a longitud completa para enganchar la anchura entera de la tarima.
- b) Use cabestrillos de nylon de suficiente resistencia, longitud y específicamente diseñadas para el manejo seguro de la tarima completo o del tubo individual, cualquiera que esté siendo levantado.
- c) Para tubo de diámetros de 600 mm (24") y 760 mm (30"), un punto de cabestrillo es normalmente suficiente en la parte media de su longitud.
- d) Use dos (2) puntos de sujeción para el levantamiento de tamaños de diámetro mayores a 760mm (30"). El espaciado de la sujeción igual a 1/3 parte de la longitud del tubo generalmente es suficiente.
- e) Puede usarse una horqueta de levantamiento aprobada adentro del tubo al descargar y manejar secciones individuales de tubo. El uso de barras y horquetas no aprobadas puede resultar en daños.
- f) No use cables de acero, cadenas y/o ganchos para descargar o manejar tubo.

- g) No se pare o se pasee sobre la carga de tubo durante el descargue o manejo.
- h) No recoja el tubo en forma de paleo o lo golpee con las horquetas.
- i) No arrastre o deje caer el tubo.

7.1.2 Pesos de Manejo

Peso aproximado (kg/m lineal). Estos son pesos promedio aproximados y no son para uso en especificación.

Tabla 7.1 Dimensión de tbo de polietileno reforzado de acero y pesos de manejo

Tamaño nominal de Tubo (mm / in)		Peso Unitario (kg/m- lb/ft)	
600	24	16.83	11.3
760	30	28.00	18.8
900	36	35.15	23.6
1070	42	40.22	27.0
1220	48	45.88	30.8
1370	54	53.77	36.1
1520	60	63.90	42.9
1680	66	84.85	56.9
1830	72	97.71	65.6
2130	84	113.65	76.3
2440	96	129.59	87.0
3050	120	162.55	109.0

7.2 Preparación del terreno

7.2.1 Precauciones

Las regulaciones federales sobre seguridad en la construcción y en la industria las expide la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y al igual se recomiendan las publicadas en las regulaciones de seguridad y salud para la construcción bajo la administración del Departamento de Trabajo, Administración de Seguridad y Salud Laboral (OSHA por sus siglas en inglés). Estas regulaciones definen las prácticas adecuadas

7.2.2 Dimensiones de zanja

- a) La zanja necesita ser lo suficientemente ancha para que una persona trabaje de forma segura.
- b) Las dimensiones mínimas pueden encontrarse en la *Tabla 7.1*, en los planos o especificaciones que gobiernan el proyecto.
- c) En los casos en donde las paredes de la zanja son inestables, el contratista puede elegir el uso de tabla estaca, ademes, o una caja de protección para la estabilización de zanja durante la instalación del tubo. Si las condiciones son severas, el revestimiento de zanja puede dejarse en el lugar.
- d) Refiera a ASTM D2321, Párrafo 6.4.2, para la colocación apropiada y para el movimiento de cajas de zanja. El uso inapropiado de cajas de zanja puede afectar el desempeño del tubo.

7.2.3 Mantos freáticos

- a) Los mantos freáticos excesivos pueden necesitar de desagüe.
- b) En áreas de condiciones de zanja saturadas o en zanjas secas, refiera al apartado 7.3.1. punto 10, "Cimentación y plantilla," y ASTM D2321 para la selección apropiada de materiales de plantilla y de relleno.
- c) Debe prevenirse la flotación del tubo y la erosión o deslave de suelo de soporte previamente colocado para asegurar que la estructura mantenga su capacidad de sostener la carga.
- d) Contacte al responsable de obra, en lo sucesivo referido como "Ingeniero," para el cubrimiento apropiado con el fin de prevenir flotación.

7.2.4 Cimentación y plantilla

- a) Un fondo de zanja inestable debe estabilizarse bajo la dirección del Ingeniero. En tales casos, instale materiales especiales para la plantilla y cimentación en capas de 15 cm y compacte.
- b) La excavación de 15 a 30 cm bajo el tubo deberá rellenarse con material de plantilla y compactarse a un mínimo del 90% de la Densidad Proctor Estándar. Rellene las áreas sobre la excavación más allá de 30 cm con roca procesada o grava siguiendo las prácticas estándar de plantillas.
- c) El material de plantilla provee un soporte uniforme para sostener el tubo en línea y nivel. Un grosor de plantilla de 10 a 15 cm usualmente es adecuado. Antes de instalar el tubo, nivele el material de plantilla a lo largo de toda la longitud del tubo. Se puede usar una pala plana para nivelar la superficie a ras. Los materiales de plantilla pueden ser de Clase I, II ó III (ASTM D2321).
- d) Cuando se excava en materiales de Clase IV (limos, arcillas limosas y arcillas), proporcione una cimentación uniforme no alterada.
- e) Si se usan materiales IA para plantilla, deben usarse como materiales de relleno hasta el centro del tubo en una zanja seca. Para minimizar el potencial de migración, los materiales clase IA deberán usarse hasta la parte superior del tubo en zanjas húmedas o en zanjas que estén por debajo del nivel freático.

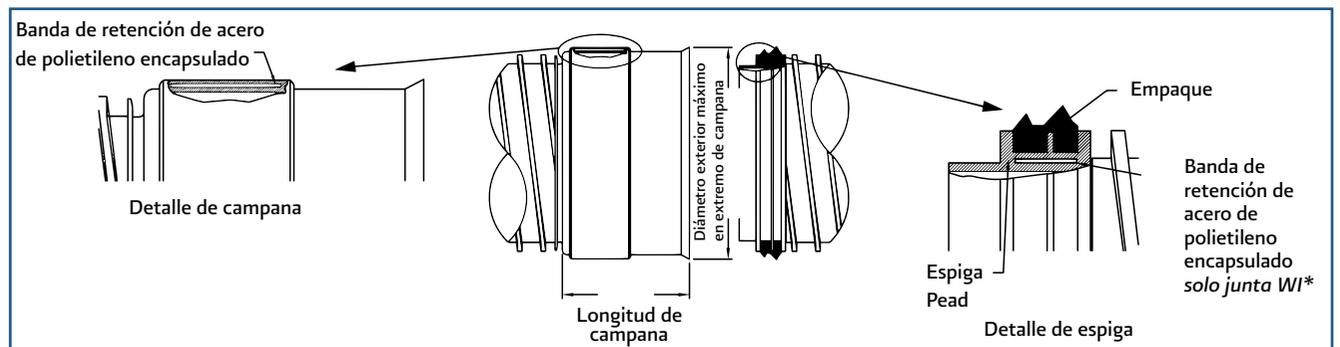
7.3 Instalación

7.3.1 Ensamble del tubo (Unión)

- a) La campana y espiga, deben colocarse con el extremo de la espiga orientado hacia aguas abajo, a menos que el Ingeniero indique otra cosa.
- b) Remueva la película protectora del empaque antes de aplicar lubricante o de unir el tubo.
- c) La superficie de doble sellado del empaque de Tubo de Polietileno Reforzado de Acero es integrada en los valles de la espiga como se muestra en la *Figura 7.1*. Si se remueve el empaque, asegúrese que el asiento del mismo esté limpio y reinstale apropiadamente.

- d) Asegúrese de que la campana y la espiga están completamente limpias y libres de suelo de cualquier tipo.
- e) Use un trapeador o un cepillo para aplicar una cantidad generosa de lubricante de empaque, tanto al empaque como al tapón interior de la campana.
- f) Escarbe un “hoyo de campana” a lo largo de la orilla del extremo de la campana con una pala o para mantener la espiga libre de material de plantilla y para prevenir que los materiales estén siendo jalados hacia la campana por la espiga. Los materiales atraídos pueden desemparejar el sellado del empaque y pueden causar fugas de líquido.
- g) Alinear el extremo de la espiga del tubo en la orilla inicial de la campana durante el proceso de unión siendo cuidadosos de no permitir que ingresen suelo o desechos en la conexión.
- h) No empuje sobre el extremo de la campana del tubo. No use un cable o cadena alrededor del tubo para unirlos. Es altamente recomendado el uso de una correa de nylon para jalar el tubo.
- i) El extremo de la espiga del tubo tiene la característica de una “marca direccional” que se alineará con el extremo de la campana cuando la espiga ha sido totalmente insertada en la campana.
- j) Una vez que el tubo ha sido colocado completamente en la zanja y antes del relleno, se recomienda que el Ingeniero o un representante autorizado del Ingeniero apruebe la zanja, la plantilla y la colocación del tubo.
- k) Nota para Clima Frío: Los empaques de hule se hacen más duros conforme decrece la temperatura. Los empaques tienden a comprimir menos, y cuando se combinan con campanas, las juntas se tornan menos indulgentes. La alineación apropiada de campana-espiga, la lubricación apropiada de la campana y la espiga y los procedimientos de unión recomendados se hacen más esenciales conforme disminuyen las temperaturas.
- l) Después del ensamble apropiado, tome precauciones para evitar el movimiento del tubo antes del relleno al centro del tubo y resto del relleno.

Figura 7.1. Detalles típicos de una unión de campana y espiga reforzada para Tubo de Polietileno Reforzado de Acero



7.3.2 Acostillado

- a) El acostillado aporta al tubo una mayor capacidad de llevar carga. Una deficiente mano de obra producirá una excesiva deflexión del tubo y problemas de nivel y alineación. Los materiales de relleno inicial pueden ser de Clase I, II, ó III de acuerdo a ASTM D2321.
- b) Coloque suficiente material de forma manual en los costados del tubo para proveer una compactación y soporte lateral adecuados. El material deberá satisfacer el mínimo de los requerimientos de compactación de ASTM D2321.
- c) Cuando las paredes de la zanja sean inestables, deben prevenirse los derrumbes de tal forma que el material de relleno pueda colocarse y compactarse adecuadamente. El uso apropiado de una caja de zanja o la sobre excavación puede ayudar en estos casos.
- d) No permita que el tubo se mueva cuando se coloca el material bajo los costados del tubo.
- e) Tenga cuidado de no dañar el tubo con palas u otros equipos de construcción y/o apisonamiento.
- f) El material de relleno inicial se extiende desde el material de plantilla/cimiento hasta el centro del tubo.

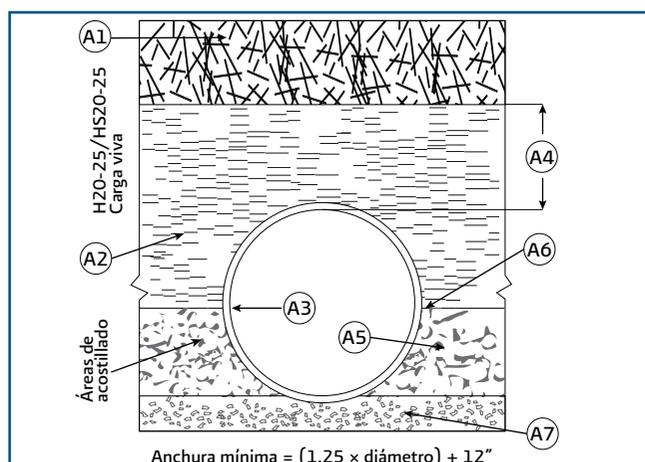
7.3.3 Relleno y compactación

- a) Los materiales iniciales de relleno se extienden desde el centro del tubo hasta 150 mm a 300 mm sobre el tubo para proveer al resto del tubo apoyo y protección contra de piedras o guijarros hasta el final del relleno. Pueden usarse materiales de relleno que generalmente siguen los requerimientos de ASTM D2321, tal como las Clases I, II ó III.
- b) Pueden usarse como relleno los materiales nativos que satisfagan los requisitos de los materiales recomendados, pero deben ser aprobados por el Ingeniero.
- c) Los materiales deben estar libres de rocas grandes (<75 mm), terrones congelados u otros desechos.
- d) Los detalles típicos de zanja/relleno pueden encontrarse en la Figuras 7.2, Figura 7.3 y los materiales aceptables de relleno y requerimientos de compactación en los punto 7.3.4, de este documento.
- e) El relleno seleccionado deberá colocarse y compactarse al mínimo grosor referido en el detalle de instalación aplicable antes de hacer la transición a material nativo o material de relleno no seleccionado sobre el tubo o pavimento.
- f) Conforme se coloca el relleno alrededor del tubo, debe tenerse cuidado de evitar el daño del tubo.
- g) El relleno seleccionado de material nativo deberá estar completamente compactado.

Tabla 7.2 Materiales de relleno aceptables y requerimientos de compactación

Descripción	Clasificación de suelo				Mínima Densidad Proctor Estándar %
	ASTM D2321	ASTM D2487	AASHTO M43	AASHTO M145	
Grava clasificada o triturada, piedra triturada	Clase I	-	5 56	A-1-a	85 %
Arena bien clasificada, gravas y mezclas de grava/arena; arena pobremente clasificada, mezclas de grava arena; pequeños o no finos	Clase II	GW GP SW SP	57 6	A-1-b A-3	85 %
Gravas limosas o arcillosas, grava/arena/limo o mezclas de grava y arcilla; arenas limosas o arcillosas, arena/arcilla o mezclas de arena /limo	Clase III	GM GC SM SC	Grava y Arena (<10% finos)	A-2-4 A-2-5	90 %

Figura 7.2 Instalación típica para profundidades de colchón hasta de 75% del colchón permitido



- A1) Relleno de terraplén de camino normal colocado en capas de 200 mm (8") y compactadas a un mínimo del 90% de su densidad estándar.
- A2) Seleccionar el material de relleno granular que sea ASTM D2321 clase I, II ó III (Compactado a un mínimo del 90% de su densidad estándar).
- A3) Tubo para alcantarillado sanitario de polietileno de alta densidad reforzado con acero
- A4) 150 mm (6") min. para diámetros de tubo de 300 mm (12") - 1520 mm (60")
300 mm (12") min. para diámetros de tubo de 1680 mm (66") - 2440 mm (96")
- A5) Material de calce ASTM D2321 clase I, II ó III compactado al 90% min. de su densidad estándar.

Límites de Colchón

Una vez que se ha completado el proceso de relleno, el contratista deberá tener cuidado de mantener el mínimo permisible de altura de colchón sobre el tubo y deberá notificar a todos los contratistas y subcontratistas para evitar la remoción de relleno de colchón o de rodamiento.

Tabla 7.3 Límites de altura de colchón H20-25 / HS20-25

Diámetro (mm)	Diámetro (in)	Colchón Mínimo (m)	Colchón Mínimo (ft)	Colchón Máximo (m)	Colchón Máximo (ft)
61-1.07	24-42	0.3048	1	15.24	50
1.22-1.52	48-60	0.3048	1	9.144	30
1.68-2.29	66-90	0.4572	1.5	9.144	30
2.44-3.05	96-120	0.6096	2.0	9.144	30

Nota: El colchón mínimo permisible se mide desde la parte superior del tubo a la parte inferior de un pavimento flexible o la parte superior del tubo a la parte superior de un pavimento rígido. El colchón mínimo en áreas no pavimentadas será mayor que para las áreas pavimentadas que se ha mostrado en la *Tabla 7.3* y debe ser mantenido.

Nota: Todas las alturas de colchón están basadas en condiciones de zanja. Si existen condiciones de terraplén, se requiere cuidado adicional en la colocación de relleno fuera de la zona de relleno del tubo.

Tabla 7.4 Cargas pesadas de construcción

Requerimientos de altura de colchón de construcción				
Diámetro claro (pulg/m)	Carga Axial (Kips)			
	>35 >14.5	50 22.7	70 34.1	100 45.4
24-42/0.6-1.1	2.0 ft/0.6	2.5 ft/0.8	3.0 ft/0.9	3.0 ft/0.9
48-72/1.2-1.8	3.0 ft/0.9	3.0 ft/0.9	3.5 ft/1.1	4.0 ft/1.2
78-108/2.0-2.7	3.0 ft/0.9	3.5 ft/1.1	4.0 ft/1.2	4.5 ft/1.4

Cargas de construcción

a) Para cargas temporales de vehículos de construcción pesados, puede requerirse de una cantidad extra de colchón mínimo compactado sobre la parte superior del tubo.

- b) La altura de colchón deberá satisfacer los requerimientos mínimos mostrados en la *Tabla 7.4*. El contratista debe proveer el colchón adicional requerido para evitar el daño del tubo.
- c) El colchón mínimo, mostrado en la *Tabla 7.4*, se mide desde la parte superior del tubo a la parte superior de la superficie del camino que está siendo mantenido.
- d) El contratista deberá notificar a todos los demás contratistas y subcontratistas para evitar cualquier carga fuera de carretera o carga viva inusual (cargas de construcción) sobre el tubo. Las cargas podrían incluir pero no están limitadas a: camiones fuera de camino, trascabos o cargadoras, ciertos pavimentadores y otros equipos de construcción.

7.3.5 Prueba de Uniones

Asegúrese de aplicar lubricante al empaque de la espiga y al interior de la campana de toda unión hecha para garantizar una conexión apropiada. No jale desechos hacia la campana junto con la espiga lubricada. Puede necesitarse un hoyo de campana para lograr esto. Todo el tubo debe estar libre de daño de cualquier tipo.

7.3.5.1 Efectos de la temperatura

- a) El tubo de polietileno de alta densidad reforzado con acero es un producto cuya rigidez no se ve afectada por la absorción solar o elevadas temperaturas ambientales.
- b) Si ocurren grandes variaciones en temperatura desde donde el tubo está almacenado y el fondo de la zanja, entonces el tubo podría requerir de acondicionamiento para evitar la contracción de la longitud del tubo.

Pozo de visita o conexiones de estructura

Tubo de Polietileno Reforzado de Acero puede conectarse a pozos de visita u otros tipos de estructuras usando métodos típicos empleados por otros productos de tubo flexibles. Por favor consulte al proveedor, para discutir qué método es el más apropiado para la aplicación.

Instrucciones de corte

- a) La herramienta de corte recomendada para el Tubo de Polietileno Reforzado de Acero es una sierra circular y hoja de sierra abrasiva. Refiera a las Instrucciones Operativas del fabricante de la sierra para información adicional.
- b) El grosor de la sierra deberá no ser menor de 3.175 mm (1/8") y se recomienda que sea hecha de material de doble hoja que se usa para cortar tubo de hierro dúctil.
- c) Use el borde de entrada de la sierra para cortar en las costillas del tubo.
- d) Encaje la sierra tanto como sea posible en el tubo conforme avanza.

Importante: Siempre utilice gafas de seguridad al cortar la tubería Tubo de Polietileno Reforzado de Acero y utilice guantes de protección en caso de que los bordes afilados estén expuestos.

Figura 7.4 Colchón temporal para cargas de construcción

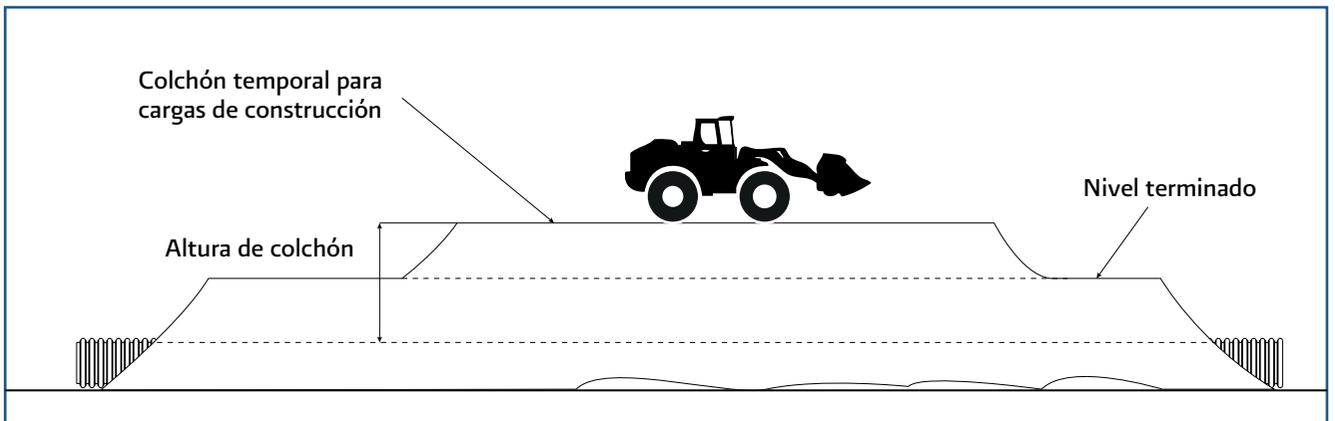


Tabla 7.5 Dimensiones de tubo

Diámetro de tubo (m)	Diámetro de tubo (in)	Diámetro exterior (m)	Diámetro exterior (in)	Diámetro interior (m)	Diámetro interior (in)	Diámetro Exterior de Campana (m)	Diámetro Exterior de Campana (in)
0.61	24	0.63	24.9	0.60	23.6	0.67	26.2
0.76	30	0.78	30.9	0.75	29.5	0.86	34.0
0.91	36	0.94	37.1	0.90	35.4	1.01	39.9
1.07	42	1.10	43.2	1.05	41.3	1.16	45.8
1.22	48	1.26	49.5	1.20	47.2	1.33	52.3
1.37	54	1.41	55.5	1.35	53.2	1.48	58.2
1.52	60	1.56	61.4	1.50	59.1	1.63	64.1
1.68	66	1.72	67.8	1.65	65.0	*	*
1.83	72	1.88	74.1	1.80	70.9	1.97	77.6
2.13	84	2.16	85.9	2.10	82.7	*	*
2.44	96	2.48	97.8	2.40	94.5	*	*
3.05	120	3.10	121.9	3.60	118	*	*

*Actualmente disponible con acopladores internos soldados por fusión o con un terminar liso con banda exterior de acero

Sección 8 Tubería de polietileno corrugado de alta densidad

8.1 Recepción y descarga

Precauciones

Las regulaciones federales sobre seguridad en la construcción y en la industria las expide la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y al igual se recomiendan las publicadas en las regulaciones de seguridad y salud para la construcción bajo la administración del Departamento de Trabajo, Administración de Seguridad y Salud Laboral (OSHA por sus siglas en ingles). Estas regulaciones definen las prácticas adecuadas.

8.1.1 Recepción de tubería

Cuando la tubería es embarcada al sitio de la obra es importante que al llegar a la misma se revise que las cantidades anotadas en la remisión coincidan con el material que se está recibiendo (tubería, empaques y lubricante) que todos los tubos lleven su correspondiente empaque y que los mismos no hayan sufrido daños durante el transporte.

En cualquiera de los casos el contratista deberá realizar la descarga de la tubería de forma manual; diámetros de 100 mm (4") a 450 mm (18"); o con equipo o maquinaria adecuados; diámetros de 600 mm (24") a 1520 mm (60"); por medio de bandas de nylon o estrobos de plástico. No se recomienda el uso de cadenas o cables de acero

ya que podrían dañar la tubería. La tubería esta diseñada para soportar el manejo normal en la obra.

Cualquier diferencia en cantidades o daños sobre la tubería deberá ser reportada en la remisión y notificada al proveedor.

La mayoría de las entregas se realizan en camiones de plataforma abierta o caja cerrada. Para tubería de 1520 mm(60") y algunas entregas especiales se pueden utilizar como una opción los remolques de cama baja.

Para evitar daños se recomienda evitar dejar caer directamente el tubo contra el suelo.

Siempre se deberá supervisar la descarga y en especial cuando se utilicen tenazas de elevación o bandas de nylon. Cuando se utilicen estas últimas, se recomienda sujetar la tubería en dos puntos de apoyo.

Foto 8.1 Descarga correcta



8.1.2 Almacenamiento

La tubería se debe almacenar tan cerca como sea posible de su ubicación final, pero lejos de actividades de construcción. La tubería se deberá almacenar en un terreno plano y en caso de ser necesario estibar, se deberán utilizar calzas a una distancia de $L/3a$ los extremos del tubo. Además el número de estibas deberá ser en forma de pirámide de 6.0 m de ancho con una altura máxima de 1.8 m. La tubería estibada deberá ser colocada con las campanas alternadas en capas sucesivas y las campanas deben sobresalir a la capa inferior para evitar la deformación y daño de las mismas.

La envoltura protectora sobre los empaques del extremo de la espiga debe ser dejada hasta que la tubería vaya a ser instalada. El lubricante y los accesorios deberán ser almacenados en un solo nivel para evitar daño o deformación.

Foto 8.2 Apilado alternando la campana



8.2 Preparación del terreno

Los sistemas de tubería para drenaje sanitario, pluvial o carretero están diseñados para proporcionar capacidad hidráulica basándose en el diámetro e inclinación de la pendiente. El alineamiento o la línea del tubo es la localización horizontal del mismo, mientras que la pendiente es la inclinación vertical del tubo. Para que un sistema de drenaje funcione como se diseñó, es importante instalar el tubo con la línea y pendiente adecuados. Generalmente no se requieren prácticas especiales para mantener el alineamiento y la pendiente, sin embargo ciertas técnicas

de instalación pueden aumentar en gran medida el desempeño del sistema y la velocidad de instalación.

El alineamiento se establece con el levantamiento en campo. Una vez excavada la zanja sobre la línea, se debe colocar el encamado con el espesor adecuado. La parte superior del encamado debe ser ajustado para que deje espacio entre la plantilla de la tubería (línea de flujo) y la base del perfil del tubo.

La *Tabla 8.1* proporciona las dimensiones que deben ser restadas a las dimensiones de los tubos en los planos del proyecto cuando se revisen las alturas del encamado.

Tabla 8.1 Ajuste de Pendientes por Espesores de Pared*

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (in)	Espesor de la Pared mm
100	4	16
150	6	24
200	8	33
250	10	36
300	12	29
375	15	33
450	18	40
600	24	47
760	30	65
900	36	72
1050	42	80
1050	42 anular	67
1050	42	66
1520	60	75

* Las dimensiones pueden variar entre fabricantes de tubería

8.2.1 Anchos de zanja

Las referencias para la práctica de zanjeo están en las especificaciones de ASTM D2321. Las especificaciones proporcionan parámetros para los anchos de zanja aplicables a una variedad de condiciones de instalación. Los anchos de zanja pueden ser variados basándose en las características del suelo in situ, los materiales de relleno, los niveles de compactación y las cargas. En general la norma proporciona los anchos de zanja recomendados para la mayoría de las instalaciones para permitir una adecuada colocación y compactación del material de relleno en los acostillados y alrededor del tubo.

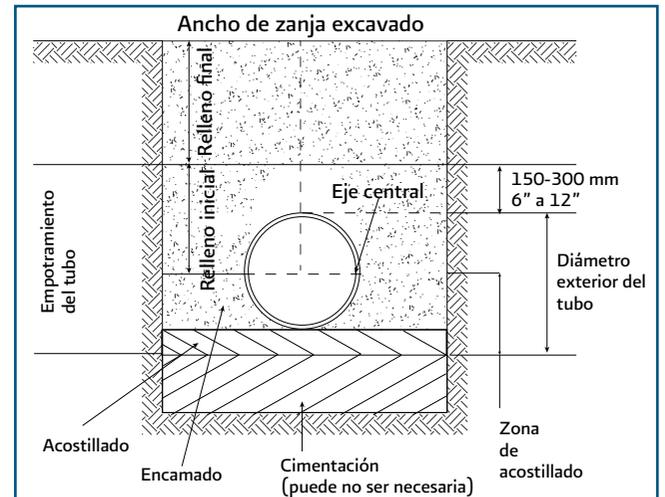
Sin embargo, el ingeniero de proyecto puede modificar los anchos de zanja basándose en una evaluación de la calidad de los materiales in situ, la calidad y nivel de compactación del relleno, la carga de diseño y el equipo de compactación que vaya a ser usado. A falta de las recomendaciones del ingeniero de proyecto o de las especificaciones del organismo regulador que norma la obra, se sugieren los anchos de zanja de la Tabla 8.2. El zanjeo se debe realizar en los suelos existentes con paredes laterales razonablemente verticales hasta la parte superior del tubo.

Para instalaciones con terraplén de proyección positiva, el material del mismo debe ser colocado y compactado hasta un mínimo de 30 cm por encima del tubo y la zanja excavada dentro del terraplén.

Cuando las profundidades de excavación o las condiciones del suelo requieren el uso de una caja de ademe o ademe móvil, en el fondo de la caja de ademe o ademe móvil debe ser colocado no mas abajo del lomo de tubo o en un momento dado si las condiciones del terreno natural son extremas, al menos $\frac{3}{4}$ partes de diámetro exterior de la tubería. Esto previene el deterioro del material envolvente que confinará la tubería cuando se remueva la caja de ademe o ademe móvil de la zanja. Si no se puede seguir esta práctica, se debe considerar dejar el ademe en el lugar.

Los anchos mínimos recomendados deberán mantenerse desde la base de la excavación hasta 60 cm sobre el lomo de la tubería.

Figura 8.1 Sección de zanja típica para instalación de tubería de polietileno



8.2.2 Desagüe

El exceso de agua subterránea dificulta la adecuada colocación y compactación del encamado y relleno. La tubería flotará en el agua que permanece dentro de la zanja, por lo tanto, es imperativo que se cuente con una zanja seca.

Puede ser necesario requerir bombas de sumidero, pozos de bombeo, pozos profundos, geotextiles, subdrenes o una cuneta de desviación para asegurar una zanja seca, se debe consultar un ingeniero calificado para determinar los métodos de desecación.

Es recomendable asistirse del departamento técnico del fabricante para mayores recomendaciones.

Tabla 8.2 anchos de zanja mínimos recomendados para instalación de tubería de polietileno de alta densidad.

Diámetro Nominal Dn pulgada	Diámetro Interior* Di cm	Diámetro Exterior* De cm	Espesor de pared* ep cm	Ancho de acostillado Ba cm	Ancho de zanja B cm	Colchón mínimo Hc cm	Profundidad de excavación Ht cm	Plantilla de arena P cm
6	15.2	17.6	1.20	20.20	58.0	50	> 57.6	10.0
8	20.0	23.3	1.65	19.85	63.0	50	> 63.6	10.0
10	25.1	28.7	1.80	21.15	71.0	50	> 68.7	10.0
12	30.0	36.7	2.05	21.15	79.0	50	> 76.7	10.0
15	38.0	44.8	3.85	20.60	86.0	50	> 84.8	10.0
18	45.9	53.6	4.30	22.17	99.0	50	> 93.6	10.0
24	61.4	71.9	5.95	25.05	122.0	50	> 112.0	10.0
30	76.2	89.2	6.50	39.40	168.0	50	> 134.2	10.0
36	91.4	105.90	7.95	46.05	198.0	50	> 150.8	15.0
42	105.4	121.2	8.10	44.90	211.0	50	> 166.2	15.0
48	120.9	133.9	6.95	46.90	226.0	70	> 178.9	15.0
60	151.4	166.4	8.20	46.30	269.0	70	> 241.4	15.0

8.3 Instalación

Alinee la tubería y empuje el tope de la espiga horizontalmente. Las juntas deben ser instaladas con las campanas dirigidas hacia aguas arriba para una instalación adecuada. Generalmente los tubos deben ser colocados iniciando desde el extremo de aguas abajo y trabajando hacia aguas arriba.

La tubería de diámetro pequeño, 450 mm (18"), usualmente puede ser instalada empujando la espiga hacia la campana de la junta a mano. Los diámetros mayores, 600 mm (24") a 1520 mm (60"), pueden necesitar el uso de una barra o equipo para empujar.

Si se utiliza una barra o equipo, se debe usar un bloque de madera y un carrete de por lo menos 5 corrugas sin empaque para evitar el daño de la campana cuando se empuje.

Cuando se empuja la espiga hacia la campana de la junta, asegúrese de que el material de encamado no sea arrastrado dentro de la campana por la espiga, materiales tales como piedras pequeñas y arenas arrastrados dentro de la campana a finos incluyendo gravas o arenas limosas o arcillosas. La grava y arena deben comprender más del 50% de los materiales clase III (1 1/2" de tamaño máximo). (Clasificaciones A-2-4 y A-2-5 del SUCS).

8.3.1 Colocación de empaques de valle

Los empaques de valle se utilizan regularmente cuando se conectan piezas especiales (que tienen en sus extremos campanas soldadas) a tubos corrugados de polietileno, por lo que se hace necesario para lograr una unión hermética, colocar un empaque de valle.

En el siguiente esquema se describe el procedimiento para la colocación de empaques de valle en tuberías y piezas de 100 mm (4") a 600 mm (24"):

- Corte la tubería en el valle de la corruga.
- El empaque debe ser colocado en el primer valle completo del tramo de tubo que fue cortado.
- La aleta del empaque debe apuntar hacia el lado contrario de la espiga, mientras que la línea blanca o los rótulos del empaque deben dirigirse hacia la espiga.
- Aplicar lubricante alrededor del empaque y en el interior de la campana a la que se hará la unión a fin de hacer el acople con facilidad.

8.3.2 Materiales de relleno

Los materiales de relleno son aquellos usados para el encamado, acostillado y relleno inicial tal y como se ilustra en la Figura 8.1. Las especificaciones de ASTM D2321 utilizan el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) que se describe a continuación:

Clase I

Piedra o roca triturada angular, graduación densa o abierta con poros o sin finos (de 1/4" a 1 1/2" de tamaño).

Clase II

(GW, GP, SW, SP, GW-GC, SP-SM ver Tabla 8.3)

Materiales limpios de grano grueso, tales como la grava, arenas gruesas y mezclas grava/arena (tamaño máximo de 1 1/2")

Clase III

(GM, GC, SM, SC)

Materiales de grano grueso

Clase IV

(ML, CL, MH, CH)

Materiales de grano fino, tales como arena fina y suelos que contengan 50% o más de arcilla o limo. Los suelos clasificados como clase IVa (ML o CL) tienen media o baja plasticidad y no son recomendables como materiales de relleno. Los suelos clasificados como IVb (MH o CH) tienen alta plasticidad y no son recomendables como materiales de relleno.

Clase V

(OL, OH, PT)

Estos materiales incluyen limos y arcillas orgánicas, turba y otros materiales orgánicos. No son recomendados como materiales de relleno.

Figura 8.3 Terminología de zanja tipo

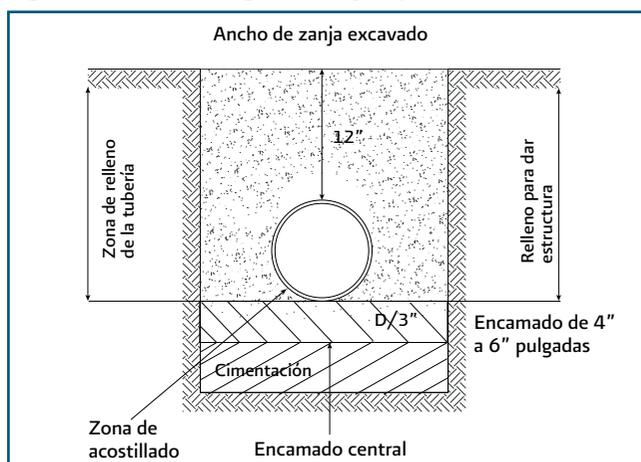


Figura 8.2 Proceso de instalación con maquinaria y dos puntos de apoyo

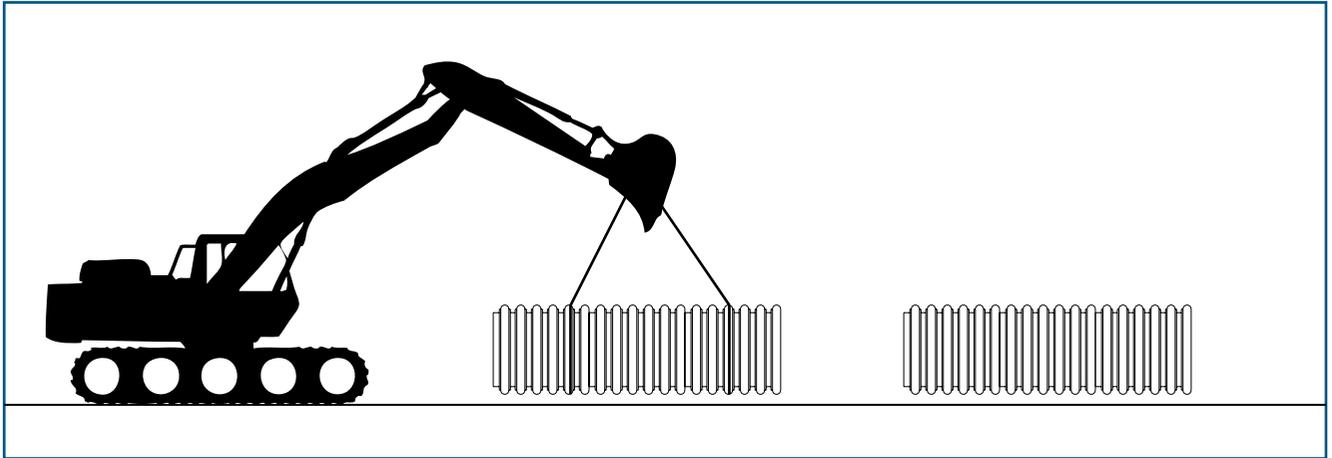
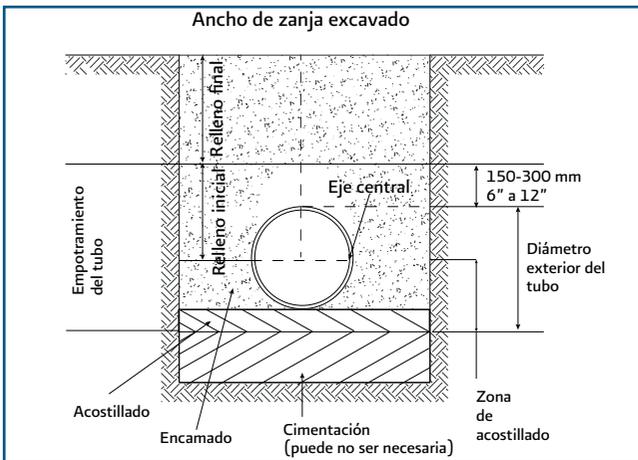


Figura 8.4 Dimensiones mínimas del acostillado y relleno de zanja tipo



Estas especificaciones se presentan como una guía y no como un sustituto de las normas de la agencia local o del diseñador. Ambas especificaciones son ilustradas para mostrar sus similitudes y las recomendaciones se presentan en el texto. Los materiales de relleno deben ser especificados tomando en consideración las cargas de diseño, la clasificación y calidad de los suelos nativos.

Para instalaciones normales sin carga viva o alturas de relleno profundas, muchos suelos nativos pueden ser útiles. También el uso de suelos nativos minimiza el potencial de migración de finos dentro del material de relleno. Cuando los suelos nativos no son apropiados como materiales de relleno o para las condiciones de carga, se debe considerar el uso de material de banco.

8.3.3 Cimentación

Se debe proporcionar una cimentación estable para asegurar que se obtenga un alineamiento y una pendiente adecuados. En caso de que la excavación se realice en arcillas o limos plásticos de alta compresibilidad o en suelos inestables como arcillas o limos que contengan rocas o boleos y que produzcan un asiento no uniforme de la tubería, se deberá colocar una capa de cimentación que proporcione estabilidad, firmeza y disminuya las diferencias de rigidez del fondo de la excavación. Esta capa tendrá un espesor mínimo de 30 cm, se realizará con un material clase IA o piedra angular de hasta 3", apisonada y sobre esta cimentación se colocará el encamado.

Las cimentaciones inadecuadas se pueden estabilizar bajo las indicaciones de un ingeniero en suelos. Las cimentaciones inadecuadas o inestables pueden ser excavadas y remplazadas por un material de encamado apropiado, colocando en capas de 15 cm. Otros métodos de estabilización tales como los geotextiles pueden ser adecuados basándose en la opinión de un ingeniero experto en suelos.

8.3.4 Encamado

Se debe proporcionar un encamado estable y uniforme para el tubo y cualquier otro elemento sobresaliente de sus juntas y/o accesorios. La mitad del encamado igual a $1/3$ del diámetro exterior (D_e) del tubo debe ser colocado suelto, con el restante compactado a un mínimo de 90% de la densidad proctor. Los materiales clase I, II y III son adecuados para usarse como encamado. El

Tabla 8.3 Módulo de reacción del suelo (E') según el material y grado de compactación de acuerdo a la norma ASTM D2321 (unidades en MPa (psi))

Material de envoltura para tuberías						Módulo de reacción (E') para grado de compactación				
ASTM D 2321		ASTM D 2487		AASHTO M43	Den. Min. Proctor	Altura Capa Relleno	Volteo	< 85%	85-95%	> 95%
Cl	Descripción	Not	Descripción							
IA	Agregados fabricados y bien graduados		Piedras o rocas angulares trituradas, grava triturada, escoria triturada con espacios largos o pequeños o con finos	5 56	Volteo	450 mm	1000 (5900)	3000 (20700)	3000 (20700)	3000 (20700)
			Rocas angulares trituradas otros materiales IA y mezcla de arena/roca con pocos finos y sin finos							
II	Suelos granulares limpios y pesados	GW	Grava bien gradada, mezcla grava/arena con pocos finos y sin finos	57 6 67	85%	300 mm	NR	1000 (6000)	2000 (13800)	3000 (20700)
		GP	Grava bien gradada, mezcla grava/arena con pocos finos y sin finos							
		SW	Arenas bien gradadas							
		SP	Arenas mal gradadas, arenas, gravillas con pocos finos y sin finos							
III	Suelos pesados granulares con finos	GM	Grava limosa, mezcla de grava/arena/limo	Grava Arena <10 % finos	90%	229 mm	NR	NR	1000 (6000)	2000 (13800)
		GC	Grava arcillosa, mezcla de grava/arena/arcilla							
		SM	Arenas limosas mezcla de arena/limo							
		SC	Arenas arcillosas							
IVa	Suelos pesados inorgánicos con finos	SP	Limos Inorgánicos y arenas finas y limos con poca plasticidad				NR	NR	NR	1000 (6000)
		SP	Arcilla inorgánica con baja a media plasticidad, gravilla, arenillas o arcillas limosas, arcilla pobre							

Nota: Todos los materiales deben estar libres de terrones o suelo congelado o hielo cuando se coloquen. Adicionalmente los materiales de relleno deben ser colocados y compactados con un contenido de humedad óptimo. NR No recomendable

encamado debe ser de 10 cm de espesor para diámetros hasta 760 mm (30") y de 150 mm (6") de espesor para diámetros de 900 mm (36") a 1520 mm (60").

Para tubos de PEAD Corrugados con diámetro igual o mayor a 1050 mm (42"), en la franja central sin compactar de la plantilla de apoyo, se harán hendiduras transversales de 2.5 cm de profundidad, con un ancho ligeramente superior que el de las campanas de unión de los tubos, en los sitios donde se ubiquen las juntas de la tubería, con el propósito de asegurar que el tubo quede completamente apoyado.

8.3.5 Acostillado

Un adecuado acostillado proporciona la mayor parte de la resistencia y estabilidad del tubo. Se debe tener cuidado de asegurar la colocación y compactación del material de relleno en el acostillado. Para tuberías mayores (>760 mm), los materiales de relleno deben ser trabajados en el acostillado a mano. Los materiales para acostillado pueden ser clase I, II ó III y deben ser colocados y compactados al 90 por ciento de la densidad proctor estándar en capas de máximo 20 cm hasta llegar al centro geométrico o la línea central horizontal del diámetro exterior de la tubería. Se podrá compactar con pisón de mano, mecánico (bailarina) o placa vibratoria, en capas de 15 cm. En forma simétrica a ambos lados de la tubería, hasta la altura de colchón mínimo Hc (ver figura 8.3), sobre el lomo de tubo. Compactar con la humedad óptima según la especificación de proyecto y conforme a norma ASTM D2321 vigente.

En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado o contenido de humedad, método de compactación y energía de compactación.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor Estandar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado; y la establecida por la SCT, mediante el Manual M-MMP-1-09/06 Compactación AASHTO, que describe los procedimientos de prueba AASHTO T 99-95 y AASHTO modificado T 180-95, para determinar mediante la curva de compactación, la masa volumétrica seca máxima y el contenido de agua óptimo de los materiales para terracerías compactadas.

Foto 8.3 Relleno forma simétrica a ambos lados de la tubería



Foto 8.4 Aspecto del acostillado antes de la prueba de hermeticidad



8.3.6 Relleno inicial

Los materiales del relleno inicial se requieren para dar un desempeño estructural adecuado a la tubería, el relleno inicial necesita sólo extenderse hasta $\frac{3}{4}$ del diámetro del tubo. Sin embargo las especificaciones ASTM extienden el relleno inicial hasta 15 ó 30 cm por encima del lomo de tubo para proporcionar protección al tubo de las operaciones de construcción durante la colocación del relleno final y proteger al tubo de piedras y cascajo en el relleno final. Se pueden usar como relleno inicial materiales clase I,II o III. Sin embargo:

Los materiales clase I deben ser usados en zanjas húmedas si se usan materiales clase I para el encamado y el acostillado.

Los materiales clase II se deben acomodar en capas de 150mm.

Los materiales clase III se deben compactar en capas de 150 mm hasta el 90% de la densidad proctor estándar.

Los materiales clase IVa de baja plasticidad (CL-ML) no deben ser utilizados como rellenos iniciales ya que pueden ocasionar de acuerdo a su compresibilidad y expansibilidad asentamientos bruscos al saturarse bajo carga o en estado seco pueden presentar expansión al aumentar su contenido de humedad y dañar la tubería.

Los materiales clase IVb arcillas y limos de alta plasticidad y todos los materiales clase V no son recomendados para relleno inicial.

Nota: La inundación o el chorro (a presión) como procedimiento de compactación sólo se debe usar con la aprobación de un ingeniero experto en suelos y nunca con materiales de relleno como base de agregado.

Los materiales de Baja Resistencia Controlada (CLSM) o rellenos fluidos son materiales de relleno aceptables. Se deben tener en cuenta varias consideraciones cuando se usen rellenos de CLSM. Se deben tener previsiones para evitar la flotación del tubo durante la colocación de CLSM. Esto puede incluir el anclaje del tubo colocando relleno fluido en cada junta y dejando que el relleno cure parcialmente antes de colocar el relleno fluido a lo largo de toda la longitud del tubo.

También se pueden utilizar anclajes mecánicos tales como barras dobladas hincadas en el suelo competente o contrapesos de concreto prefabricados en cada junta para evitar la flotación.

Cuando use CLSM el relleno debe siempre ser colocado para envolver la totalidad de la tubería a instalar.

Es recomendable asistirse del departamento técnico del fabricante para mayores recomendaciones.

Foto 8.5 Acostillado de alta resistencia con grava y relleno final de arena



8.3.7 Relleno final

Los materiales de relleno final deben ser del mismo material que el del terraplén propuesto. Generalmente, el material excavado puede ser usado como relleno final. La colocación debe ser la misma especificada para el terraplén. En caso de no existir alguna especificación, el relleno final puede ser colocado en capas de máximo 30 cm y compactado hasta un mínimo de 85% de la densidad proctor estándar para evitar el excesivo asentamiento en la superficie. La compactación se debe realizar a un contenido de humedad óptimo.

El material clase IV-A podrá utilizarse bajo la supervisión del especialista en mecánica de suelos y conforme a la norma ASTM D2321 vigente.

En la compactación de relleno sobre el lomo de tubo, con al menos 60 cm de espesor se podrá utilizar equipo ligero sin vibración. Con cubierta de 120 cm sobre el lomo de tubo podrá emplearse compactador de rodillo liso de hasta 9 ton/eje sin vibración. Si el relleno excede 120 cm, se recomienda utilizar rodillo liso de hasta 9 ton/eje con vibración.

Deberá tomarse en cuenta el criterio del especialista en mecánica de suelos. La supervisión de la obra deberá de llevar registros de deflexión del tubo durante el pro-

ceso de instalación para diámetros de 36" o mayores, especialmente durante las primeras pasadas del equipo de compactación, a fin de garantizar el adecuado comportamiento mecánico de la tubería. La deflexión no deberá exceder el 5 % del diámetro interior del tubo.

En caso de presentarse nivel freático o afloramiento de agua, la instalación de tubería se realizará abatiendo el nivel del agua por abajo del encamado. Se puede utilizar un encamado granular clase I, con el espesor suficiente para drenar el agua freática rápidamente hacia un cárcamo de bombeo. Se podrá utilizar otro método de drenado avalado por un especialista en mecánica de suelos. Por ningún motivo se recomienda instalar la tubería en presencia de agua.

8.3.8 Cargas vehiculares y de construcción

La tubería de polietileno de alta densidad PEAD esta diseñada para soportar cargas vivas H-20 20 ton (40,000 lbs) por eje-carga legal) con un recubrimiento de 30 cm. Esto asume un recubrimiento bien compactado e incluye el material de sub-base para instalaciones bajo pavimento. Para las tuberías de 1220 mm (48") y 1520mm (60"), el recubrimiento mínimo para cargas H-25 es de 60 cm.

Durante la construcción, evite cargas de equipos pesados, >20 ton (>40,000 lbs por eje) sobre el tubo. Se debe colocar un recubrimiento temporal adicional de 30 cm sobre el tubo para cruces con carga de construcción pesada. Los hidromartillos o compactador eshoe – pak no pueden ser usados sobre el tubo hasta que no se haya colocado por lo menos 120 cm de recubrimiento adicional.

Foto 8.6 Acostillado y relleno de grava para recubrimiento mínimo



8.3.9 Conexiones a pozos de visita

Se debe dar especial atención al desempeño del proyecto especificado cuando se seleccionan las conexiones a los pozos de visita. Cuando se realiza la conexión en los pozos de visita con la tubería inyectando lechada o mortero entre el tubo y el pozo se debe usar un material que no presente contracción, de esta manera se logra realizar una instalación con hermeticidad al suelo. Un empaque colocado en una corrugación del tubo en aproximadamente el centro de la pared del pozo de visita trabajará como retenedor de agua. Este retenedor de agua debe proporcionar una instalación con hermeticidad a los limos. Cuando conecte a pozos de visita, asegúrese de que exista relleno bajo el tubo adyacente al pozo de visita para evitar un posible asentamiento diferencial.

8.3.9.1 Manga de empotramiento

Una Manga de Empotramiento une herméticamente una tubería plástica a registros de albañal o pozo de visita de concreto o ladrillo, construidos en sitio o en el lugar de la obra, y su objetivo es garantizar la estanqueidad de la unión tubo-pozo de visita y así garantizar la hermeticidad hacia los agentes externos que exige la NOM-001-**Conagua** (vigente).

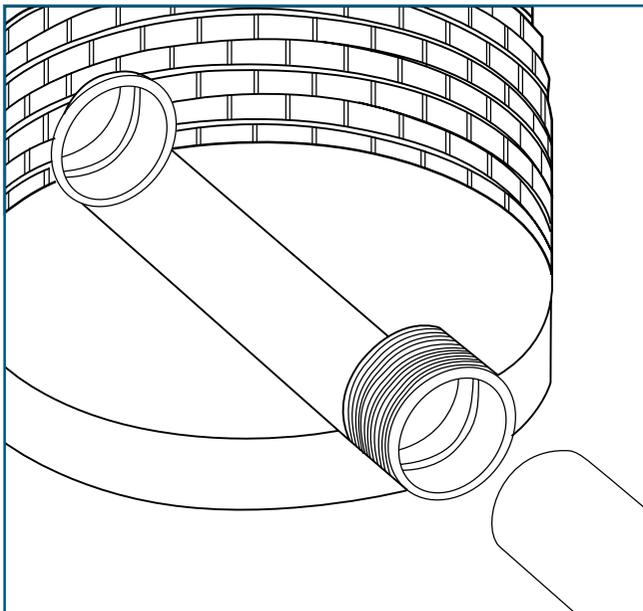
Detalle de ubicación de la Manga de Empotramiento en el Pozo de Visita.

La Manga de Empotramiento es un anillo fabricado de Poliuretano (PUR), diseñada para recibir tubos y conexiones serie métrica de 100 mm (4") a 1520 mm (60") de diámetro nominal, que tiene la principal característica de adherirse al concreto o mezclas de mortero cemento-arena, lo que permite una unión al pozo de visita muy sólida y hermética; complementándose con empaques elásticos para sellar exteriormente la tubería que se conecta al pozo de visita, lo que permite una unión monolítica de un medio flexible (plástico) a uno rígido (concreto o mortero), sin que se generen concentraciones de esfuerzos, logrando una unión hermética.

La Manga de Empotramiento protege a los tubos conectados ante cualquier movimiento diferencial lineal o angular que se presente por un asentamiento. La textura de la superficie exterior de la Manga de Empotramiento garantiza una firme unión y el empaque de material elastómero Tipo III, al interior apto para uso en drenaje

sanitario, de sección toroidal permite que el tubo tenga movimientos angulares al instalarlo liberándolo de esfuerzos no deseados.

Figura 8.5



8.3.10 Conexión de derivaciones

Las conexiones de derivaciones se pueden llevar a cabo usando accesorios como tees reductoras prefabricadas, abrazadera tipo silleta o inserta tee. Los accesorios como las tee reductoras prefabricadas son usando procedimientos de instalación normales para las juntas especificadas. Las abrazaderas tipo silleta son acoples banda con una campana soldada sobre el centro del acople banda. Un círculo de 1" mas grande que el diámetro nominal de la derivación que presente la abrazadera tipo silleta debe ser realizado en la línea principal donde se pretenda instalar el accesorio, o dos medios círculos en los extremos de la tubería de la línea principal, si esta va

a ser colocada como un acoplamiento y además como derivación. Los tubos deben ser alineados con la abrazadera tipo silleta envolviendo todo alrededor del tubo y asegurada con amarres de nylon. Las conexiones "Inserta-Tee" se pueden hacer en el lugar a lo largo de la longitud del tubo. la instalación de una "Inserta-Tee" debe seguir las recomendaciones del fabricante. En general la instalación involucra el marcado del lugar de la derivación, se perfora un orificio usando un taladro circular con el tamaño para la "Inserta-Tee", se insertan en el hueco una bota de neopreno y una extremidad campana de PEAD junto con el tubo de polietileno.

8.3.11 Accesorios

Los accesorios estándar incluyen tees, codos, reductores y tapones. Adicionalmente, una línea completa de accesorios múltiples y componentes esta disponible para el manejo de sistemas subterráneos. Todos los accesorios están disponibles con juntas que son compatibles con el tubo usado en cada uno de los proyectos, esto precisamente para proporcionar el sistema lo más completo posible. Los accesorios especiales no incluidos en el manual de accesorios del fabricante pueden ser maquinados bajo una orden especial y se debe contactar un representante o asesor comercial del fabricante para más detalles.

8.3.12 Conexiones y reparación en campo

Las conexiones de campo pueden ser necesarias para completar tramos de tubo para longitudes de tubería cortos o para reparaciones de tubos dañados durante la construcción. Las conexiones y reparaciones de campo deben ser realizadas con acoples compatibles con el sistema general del proyecto. Para instalaciones que

Figura 8.6 Reparación con un cople banda

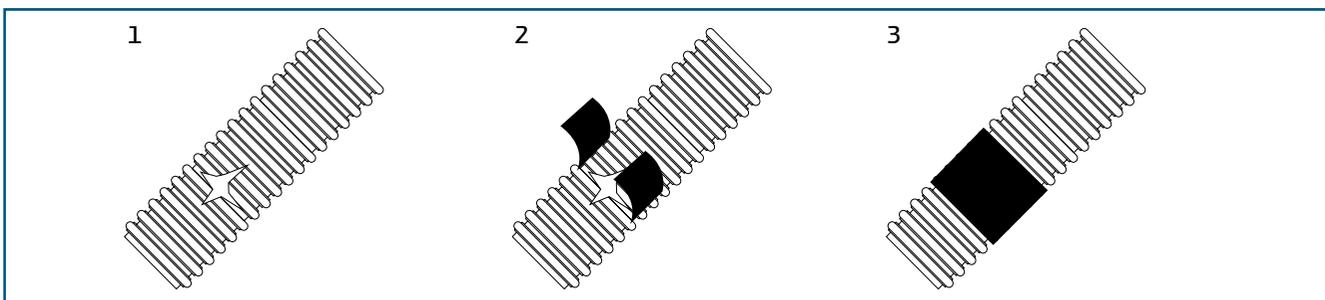
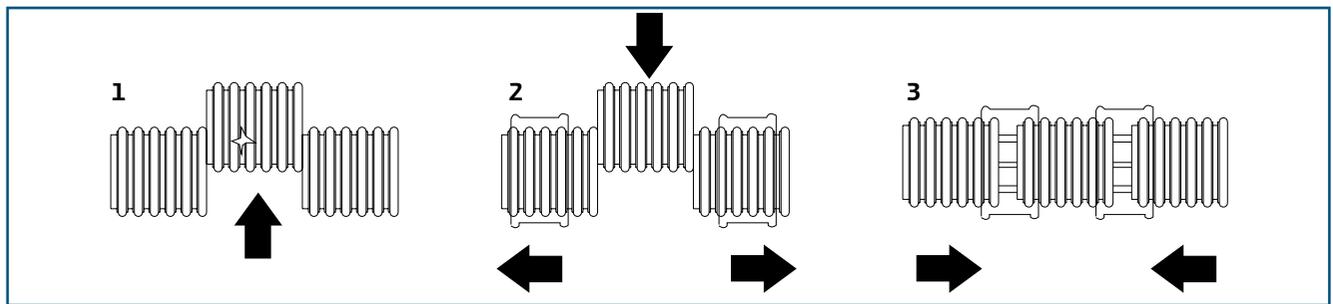


Figura 8.7 Unión con un cople de reparación



requieran juntas con hermeticidad al agua, es necesario sellar los orificios de ventilación con polietileno fundido o con un adhesivo adecuado, esto cuando se corte en campo. Los siguientes métodos son aplicables tanto para conexiones en campo como para reparaciones:

8.3.12.1 Reparación menor a una tubería

Si el daño es únicamente un hueco o una grieta en la pared de la corruga y es menor a un cuarto del diámetro del tubo en área y el tubo no está bajo pavimento, limpie el tubo y centre un cople banda sobre el área dañada y asegure perfectamente con amarres de nylon.

Si el daño excede los criterios anteriores o si el tubo está bajo pavimento, corte y quite el tubo dañado, retire la sección de tubo dañado y coloque un par de coples de reparación en cada extremo opuesto de la nueva sección del tubo en la zanja y asegure los coples banda con amarres de nylon (Figura 8.7).

Para realizar uniones con coples de reparación, siga los pasos siguientes:

- El tubo debe ser cortado más allá del área dañada y removido;
- Se deberán colocar empaques de valle en cada extremo de la línea que se va a reparar y en ambos extremos de la nueva sección de tubo a colocar;
- Deslizar los coples hacia adentro para permitir el libre paso de la sección de remplazo;
- Insertar la sección de remplazo y deslizar nuevamente los coples de reparación para lograr la junta hermética al agua en ambos extremos de la unión.

Los extremos del tubo deberán estar limpios y libres de escombros. En caso de usar un acople de reparación tipo Mar-Mac u otro similar, la película protectora sobre el acople de campo debe ser pelada mientras se adhiere el cople al tubo.

En caso de usar un cople de reparación tipo Mar-Mac u otro similar, la película protectora sobre el acople de campo debe ser pelada mientras se adhiere el cople al tubo.

Una vez que el acople este en su lugar, las bandas de amarre pueden ser apretadas para proporcionar hermeticidad al agua. La película protectora sobre el sello de traslape puede ser removida entonces para completar la instalación.

Nota: Las anteriores son guías. La decisión de reparación final debe ser revisada y determinada por el ingeniero de proyecto.

8.3.13 Deflexiones

La tubería de polietileno de alta densidad PEAD puede ser colocada en un alineamiento curvilíneo como una serie de tangentes (secciones rectas) deflectadas horizontalmente en cada junta. Sin embargo la cantidad de deflexión depende del tipo de junta seleccionada. Típicamente las juntas del tubo de PEAD se pueden acomodar únicamente con ángulos de deflexión pequeños ($<1^\circ$) y mantener el desempeño de la junta con hermeticidad.

Los coples banda también permitirán pequeños ángulos de deflexión (aproximadamente de 1° a 1.5°). Las juntas pueden permitir un ángulo de deflexión mayor (aproximadamente de 1° a 3°); sin embargo, el sello de hermeticidad al agua puede ser afectado en ángulos de deflexiones mayores. Para determinar la longitud de la tubería y los radios de las juntas, el diseñador deberá contactar a un representante del fabricante antes de usar cualquier tubo de PEAD para instalaciones curvilíneas para asegurar una adecuada selección y desempeño de las juntas.

8.4 Inspección

8.4.1 Inspección visual

Generalmente es una buena práctica realizar una inspección visual para asegurarse que se ha logrado un buen alineamiento y pendiente. Es importante entender que bajo condiciones normales, cualquier deflexión diametral será notada dentro los primeros treinta (30) días después de la instalación y generalmente entre el 2do y 3er día la mayoría de las deflexiones diametrales (aproximadamente 90% – 95%) serán notorias.

Esto permite al inspector la oportunidad de revisar la tubería inmediatamente después de la instalación con la posibilidad de notar las deficiencias antes de que se termine el proyecto. La inspección debe ser realizada después de que el tubo ha sido colocado y rellenado a las profundidades que marca el proyecto, pero puede ser antes de que el pavimento final haya sido colocado. A continuación se esbozan varios métodos de inspección comúnmente especificados para tuberías flexibles (plásticas y metálicas)

Una inspección visual usualmente revelará alineamientos y pendientes inadecuadas, así como una deflexión diametral excesiva. Para la mayoría de los proyectos, los cuales especifican un desempeño de las juntas con sello hermético, una inspección visual es suficiente para asegurar una instalación exitosa. Se aconseja tener cuidado cuando se inspeccione un tubo o al entrar a un pozo de visita o estructura de boca toma para asegurar el cumplimiento de todas las regulaciones de la OSHA.

8.4.2 Pruebas a baja presión

Como lo establece la NOM-001-Conagua (vigente), los que tengan a su cargo los sistemas de alcantarillado sanitario, y el constructor, son los responsables de la correcta aplicación de las especificaciones de construcción que se hayan establecido.

La prueba se debe llevar a cabo en la tubería y en tramos comprendidos entre dos pozos de visita, asegurando su posición, esto es, cubriendo la tubería con material de relleno (centros) y dejando descubierto el exterior de las juntas con el objeto de identificar posibles fugas, el tramo de prueba comúnmente comprendido de pozo

a pozo, se limita en longitud y diámetro de la tubería, acorde con la capacidad del equipo de prueba.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-Conagua (vigente), Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba, describe el proceso de Prueba.

Después de que el tubo ha sido colocado y rellenado, cada sección de tubería entre pozos de visita puede ser probada con un ensayo de aire a baja presión. Las juntas individuales pueden también ser ensayadas con un equipo adecuado. Esta prueba es usualmente para sistemas donde las normas de desempeño requieren juntas con hermeticidad al agua. La ASTM F1417 puede ser usada para ensayar con aire estos sistemas y debe ser realizado de pozo a pozo de visita o para juntas individuales. La estructura y accesorios prefabricados no deben ser ensayados para evitar daños a estos componentes.

ASTM F1417 especifica que una presión de aire de 3.5 psi debe ser mantenida por un tiempo definido de acuerdo a la longitud del tramo a probar y el diámetro del tubo instalado con una pérdida de presión máxima de 0.5 psi.

ASTM F1714 incluye diámetros hasta 900 mm (36") sin embargo la extrapolación lineal para diámetros mayores es generalmente aceptada.

8.4.3. Criterios de seguridad para pruebas con aire a baja presión

Comúnmente se considera que las pruebas con aire a baja presión ofrecen un riesgo al personal que las realiza, sin embargo si se realizan con los siguientes criterios de seguridad este tipo de ensayos resultan ser más seguros, rápidos y económicos que lo que pueden ser las pruebas hidrostáticas.

- a) Limpiar la superficie donde serán colocados los tapones.
- b) Colocar el tapón por lo menos un diámetro hacia adentro de la tubería.
- c) Inflar los tapones a la presión indicada por el fabricante.
- d) Atracar los tapones.
- e) Presurizar la línea.
- f) Cumplir el tiempo especificado de prueba según el diámetro y longitud de la tubería
- g) Despresurizar la línea.
- h) Desinflar los tapones.

- i) Desinstalar atraques y tapones
En caso de que se requiera una prueba de hermeticidad de agua deberá seguirse las indicaciones marcadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-Conagua (vigente), sistema de alcantarillado sanitario especificaciones de hermeticidad.

Foto 8.8 Tapón para prueba de hermeticidad con aire a baja presión



8.4.4 Condiciones mínimas que debe tener la obra para la realización de pruebas de hermeticidad

- a) Dos puntos de acceso para el equipo de prueba, que tendrán un diámetro mínimo de 1.15m o con la misma dimensión de apertura del diámetro interior de la tubería a probar, para el paso y maniobras del tapón neumático en los pozos de vista o extremos de tubería del tramo de prueba.
- b) Tramo con la tubería al interior limpia, sin restos de tierra y agua o materiales extraños;
- c) Material acostillado y compactado a 2/3 partes del diámetro exterior de la tubería (puede variar por densidad del material).
- d) Material de relleno aproximado de dos cucharones de retroexcavadora por tubería, cada 6 m, asegurando un aporte de material con 25 cm de alto por arriba del lomo de la tubería para evitar levantamiento por presurización en tramo.

- e) Las uniones de tubería deberán estar libres en la parte de arriba de la campana para detección de fugas.
- f) Tubería limpia en el exterior en una distancia de 2 m por unión aguas arriba y aguas abajo.
- g) Material producto de excavación y relleno alejado cuando menos 4 m del borde de la zanja en el tramo de prueba.

Foto 8.9 Tramo de tubería a ser probado



8.4.5 Inspección de video tipo aries

- a) Inspección con equipo de video.
- b) Diámetros que permite inspeccionar son de 760 mm (30") hasta 2050 mm (82") de diámetro.
- c) Tiene un alcance de 5 m de zoom
- d) Permite solamente videoinspeccionar tubería que tenga un nivel de agua por debajo de media caña.
- e) Alcanza una longitud de 300 m de video inspección.
- f) El equipo cuenta con tres pantallas de monitoreo.

8.4.6 Equipo de inspección R-700

- a) Diámetros que permite inspeccionar son de 250 mm (10") hasta 900 mm (30").
- b) Tiene un alcance de 5 m de zoom.
- c) Permite videoinspeccionar solamente tubería que tenga un nivel de agua por debajo de media caña.
- d) Alcanza una longitud de 300 m de video inspección.

El presente manual fue elaborado con la participación
de las siguientes empresas y asociaciones:

Asociación de Industriales de Fibrocemento, A.C. (AIFIC)
Asociación Mexicana de Industrias de Tuberías Plásticas, A.C. (AMITUP)
Asociación Mexicana de Tubería de Fibra de Vidrio (PRFV)
Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto (ATCO)
Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO)
CONTECH CCP Pipe México, S. de R. L.
Sociedad de Fabricantes Nacionales de Tubería de Polietileno y
Polipropileno, S.C. (SOFANTUP)
Tododren, S.A. de C.V.
CONCRETODO de México, S.A. de C.V.
C.P. Mildred Haydee López Tobías
José Guadalupe Andrade Álvarez –Durman Esquivel Infraestructura–
Golfo Oriente

Este libro fue creado en InDesing e Illustrator CSS con la fuente
tipográfica Presidencia en sus diferentes pesos y valores, y se
termino de imprimir en septiembre del 2012, en los talleres de
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, utilizando papel Couche en las
portadas y Bond del 90 para los interiores.
el tiraje fue de 7000 ejemplares.

