Resistencia y **durabilidad** de por **vida**®

dipra

Ductile Iron Pipe Research Association

DIRECTRICES

Guía de instalación para tubos de hierro dúctil

Última revisión:
Septiembre de 2021

Acerca de la Ductile Iron Pipe Research Association (DIPRA, por sus siglas en inglés)

Desde su creación, hace más de 100 años, la Ductile Iron Pipe Research Association (DIPRA) ha proporcionado información de ingeniería precisa, confiable y esencial acerca de los tubos de hierro a una amplia variedad de empresas de servicios públicos y de ingenieros consultores.

Fundada en 1915, la organización tenía la función inicial de promover la calidad superior del tubo de hierro a través de programas publicitarios. A lo largo del tiempo, ha evolucionado para convertirse en una organización basada en aspectos técnicos y orientada a la investigación. La DIPRA ofrece una variedad de recursos y servicios, como folletos y publicaciones, representación en comités encargados de la elaboración de normas, investigación técnica sobre temas basados en aplicaciones (tales como control de la corrosión y diseño de tubos de hierro dúctil) y servicio técnico personal a través de nuestro programa de ingenieros regionales.

Si bien las compañías miembro de la DIPRA poseen diferentes nombres y ubicaciones, todas comparten un compromiso común de producir y ofrecer el material para tuberías de agua y aguas residuales de la mejor calidad a nivel mundial: el tubo de hierro dúctil.

Las compañías miembro de la DIPRA, que juntas representan 650 años de experiencia en investigación aplicada y fabricación, son:

- AMERICAN Ductile Iron Pipe
- Canada Pipe Company, Ltd.
- McWane Ductile
- U.S. Pipe

Tabla de contenidos

Introducción	**Página 5**
Capítulo 1 - Recepción y manejo	**Página 8**
Capítulo 2 - La zanja	**Página 18**
Capítulo 3 - Instalación de los tubos	**Página 42**
Capítulo 4 - Válvulas	**Página 64**
Capítulo 5 - Restricción de los empujes	**Página 70**
Capítulo 6 - Relleno	**Página 78**
Capítulo 7 - Lavado, prueba y desinfección	**Página 80**
Capítulo 8 - Tomas de servicio	**Página 91**
Capítulo 9 - Instalaciones especiales	**Página 97**
Capítulo 10 - Información útil	**Página 104**
Índice	**Página 130**

Copyright© 2021, 2016, 2015, 2007, 2006, 2003, 2001, 2000, 1997, 1994 por Ductile Iron Pipe Research Association.

Esta publicación, o las partes que la componen, no pueden ser reproducidas de manera alguna sin el permiso de los editores.

ISBN 978-0-9642194-4-1
Revisado en septiembre de 2021

Tablas

1. Alturas máximas sugeridas para el apilamiento de los tubos de hierro dúctil Página 15

2. Ancho sugerido de la zanja Página 24

3. Ancho mínimo de tubos aplastados de polietileno para tubos con junta espiga-campana Página 40

4. Par de torsión de los pernos de la junta mecánica Página 54

5. Tubos de longitud completa y deflexión máxima, tubos con junta espiga-campana Página 56

6. Tubos de longitud completa y deflexión máxima, conexiones y tubos con juntas mecánicas Página 57

7. Empuje resultante en las conexiones a una presión de agua de 100 psi Página 70

8. Capacidades de carga del suelo Página 72

9. Caudales y aberturas requeridos para lavar tuberías Página 81

10. Tolerancia de la prueba hidrostática por 1,000 pies de tubo-gph Página 82

11. Peso de los gránulos de hipoclorito de calcio que se colocarán al inicio de la cañería y a intervalos de cada 500 pies (150 m) Página 86

12. Número de pastillas de hipoclorito de calcio de 5 gramos requerido para una dosis de 25 mg/L Página 87

13. Cloro requerido para producir una concentración de 25 mg/L en 100 pies de tubería por diámetro Página 88

14. Tamaño de la toma directa máxima recomendada para tubos de hierro dúctil de 3 a 24 pulgadas Página 95

15. Expansión lineal del tubo de hierro dúctil—pulgadas Página 107

16. Factores de conversión Página 108

17. Dimensiones y pesos estándar de los tubos de hierro dúctil con junta espiga-campana Página 114

18. Dimensiones y pesos estándar de los tubos de hierro dúctil con junta mecánica Página 118

19. Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves según la norma *ANSI/ASME B1.20.1* Página 120

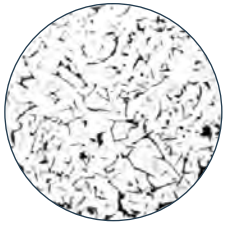
20. Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves según la norma *AWWA C800* Página 124

21. Nomografía del tamaño del tubo, pérdida de carga y descarga para el tubo de hierro dúctil Página 128

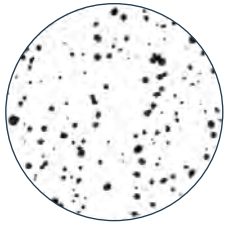
Introducción

El hierro dúctil es una mejora de los hierros fundidos que han servido a la industria del agua con distinción a lo largo de los siglos. El primer tubo de hierro dúctil fue fabricado con carácter experimental en 1948. Los cambios menores pero significativos en la química y el procesamiento del hierro fundido dieron lugar a diferencias físicas a nivel microestructural, que produjeron un material con una ductilidad y resistencia a fracturas considerablemente mejoradas. El tubo de hierro dúctil resultante es mucho más resistente a los daños provocados por impactos o esfuerzos concentrados.

Si bien ambos materiales se clasifican como hierros fundidos, en la terminología actual, el material más antiguo se identifica como hierro gris y el material más nuevo como hierro dúctil. Durante la etapa de solidificación del proceso de fundición, el carbono, a veces denominado grafito, sale de la solución y se acumula en numerosas aglomeraciones pequeñas. La forma de estas aglomeraciones de carbono es un factor esencial en las propiedades mecánicas del material.



Hierro gris



Hierro dúctil

Estas fotomicrografías comparan las microestructuras del hierro gris con las del hierro dúctil. Observe la continuidad relativa de la matriz que exhibe el hierro dúctil (a la derecha).

En el hierro gris, estas aglomeraciones tienen forma de escama. Es decir, generalmente tienen forma plana y alargada que termina en puntas afiladas. El contenido de carbono y la forma de escama del grafito le dan al hierro gris buenas propiedades de maquinabilidad y resistencia a la corrosión. Sin embargo, las escamas rompen la continuidad del metal y los puntos afilados son concentradores de esfuerzo a nivel microscópico. Ambas características limitan las propiedades de ductilidad y tensión del material.

En el hierro dúctil, la mayoría de las aglomeraciones de grafito tienen forma esferoide. Esta forma distintiva reduce significativamente la existencia de puntos de concentración de esfuerzo. Al cambiar la estructura del carbono de forma de escama a esferoide y reducir el contenido de fósforo se genera un material de resistencia excepcional con buena maquinabilidad, alto impacto y resistencia a la corrosión y excelente resistencia a la flexión. Por estas razones, el hierro dúctil es un material ideal para transportar agua y otros líquidos.

Los procedimientos de instalación adecuados prolongarán la larga vida útil de los tubos de hierro dúctil. Por lo tanto, la Ductile Iron Pipe Research Association (DIPRA) ha elaborado esta guía para ayudar a empresas de servicio de agua, contratistas, ingenieros consultores y otras personas relacionadas con la instalación de tubos de hierro dúctil. Si bien cubre los procedimientos de instalación, mantenimiento y precauciones de seguridad, solo pretende ser una guía y no reemplaza las especificaciones y las normas adecuadas.

La American Water Works Association (AWWA) cuenta con normas detalladas para los tubos, las conexiones y los accesorios de hierro dúctil. La norma ANSI/AWWA C600, “Instalación de cañerías de hierro dúctil y sus accesorios”, incluye gran parte de la información que se resume en esta guía. La AWWA también dispone del Manual M41 sobre tubos y conexiones de hierro dúctil.

Nota: las tablas se presentan en las unidades habituales de los EE. UU. En el Capítulo 10 se incluyen los factores de conversión métrica para su comodidad.

Capítulo 1
Recepción y manejo

1.1 Inspección: los tubos de hierro dúctil por lo general son enviadas desde las fundiciones por ferrocarril o camión y, en menor medida, por barcaza. Son resistentes y resistirán los impactos y esfuerzos que se suelen encontrar durante el tránsito. El comprador podrá hacer arreglos con el fabricante para la inspección y aceptación de los tubos y los accesorios de hierro dúctil en la planta de fabricación. Cuando el tubo llega a su destino, independientemente del método de transporte, se deberá inspeccionar cuidadosamente si sufrió algún daño durante el tránsito.

Si algún material presenta defectos de fabricación o daños producidos durante el envío, se deberá registrar en el recibo de envío o en un documento similar del agente del transportista. Además, cada envío se deberá cotejar con los documentos de envío para verificar faltantes o errores, que también se deberán registrar en el conocimiento de embarque o documento similar presentado por el agente del transportista. El comprador puede realizar las pruebas especificadas en la norma aplicable de la AWWA a fin de garantizar el cumplimiento de la misma. El fabricante o contratista es el responsable de reemplazar los materiales defectuosos.

Los revestimientos de mortero de cemento se pueden reparar en el campo en conformidad con la norma ANSI/AWWA C104/ A21.4. Las áreas del revestimiento que estén dañadas o defectuosas se podrán reparar recortando el revestimiento dañado o defectuoso hasta el metal de manera que los

bordes del revestimiento que no se retiren queden perpendiculares a la pared del tubo o ligeramente socavados. Luego, un mortero rígido preparado en conformidad con la norma ANSI/AWWA C104/ A21.4, se aplica con llana en el área recortada y bien humedecida hasta quedar al mismo nivel del revestimiento adyacente. Una vez que el agua superficial se haya evaporado, pero mientras el parche aún esté húmedo, deberá curarse según se especifica en la norma ANSI/AWWA C104/A21.4.

A menos que se especifique lo contrario, el tubo de hierro dúctil se proporciona con un revestimiento estándar de aproximadamente 1 milésima de pulgada de espesor según la norma ANSI/AWWA C151/ A21.51. El principal propósito del revestimiento consiste en minimizar la oxidación atmosférica por razones estéticas.

1.2 Envíos: La mayoría de los tubos de las compañías miembro de la DIPRA son enviados en forma de atados preempaquetados, que se colocan como una unidad en un camión o vagón. Según el número de hileras en un paquete, los atados pueden apilarse de dos en dos o más alto. Los tubos también se pueden cargar hilera por hilera. En los camiones o remolques, las cargas por lo general se aseguran a la caja con correas de nailon. En los vagones, las cargas casi siempre se aseguran con correas de acero.

Al armar las hileras de tubos, ya sea para empaques o carga directa en la unidad de transporte, un tubo por medio generalmente se da vuelta de manera que, en el extremo de cada hilera, quede alternado un extremo en campana con un extremo liso. Los tubos adyacentes hacen contacto en toda su longitud, excepto en la corta extensión de las campanas más allá de los extremos lisos. Las campanas de los tubos de una hilera no deben hacer contacto o interferir con las campanas o barriles de la hilera de arriba o de abajo.

Por lo general, se consulta al comprador acerca del método de transporte a fin de facilitar los planes de descarga, ya sea en una ubicación central para el traslado posterior al lugar de trabajo o para tender la tubería a lo largo del derecho de paso.

Los tubos que se deban mover a una corta distancia en el lugar de trabajo, como de un lado de la calle al otro, se deberán rodar a mano o levantarse y moverse mediante una máquina. No se deberán empujar ni arrastrar.

1.3 Descarga: las cargas de tubos por lo general tienen etiquetas de advertencia fijadas a los puntos de bloqueo con mensajes similares a los siguientes:

Algunos puntos importantes de precaución en lo que respecta a la recepción y descarga de tubos son:

1. Los camiones se deben estacionar en terrenos nivelados para la descarga.

2. Antes de retirar las cadenas, los cables o las correas se debe realizar una inspección para garantizar que las cuñas estén en su lugar en ambos extremos de cada madera de apoyo. Si hubiese cuñas faltantes o fijadas de manera inadecuada, se deberán realizar las correcciones necesarias. Bajo ninguna circunstancia se deberán retirar las cuñas mientras exista la posibilidad de que los tubos rueden fuera de control y provoquen daños o lesiones.

3. El personal nunca debe permanecer en, delante o al lado de una carga de tubos una vez que los elementos de fijación se hayan quitado.

4. El zuncho de acero se debe cortar con un perno de mango largo o un cortador de correas. Las correas no se deben cortar con un hacha, cincel u otra herramienta que pueda dañar el tubo o su revestimiento o causar lesiones personales. Los obreros y cualquier otro personal que se encuentre en el área deberá vestir y utilizar el equipo de seguridad adecuado.

5. Los tubos no se deben dejar caer rodando del camión o arrojar sobre neumáticos viejos u otros elementos que actúen como amortiguadores. Para la descarga se debe utilizar una carretilla elevadora o una grúa. Se deberán adoptar precauciones para evitar que los tubos rueden o se desplacen durante la descarga. El personal que no esté directamente involucrado en la operación de descarga deberá apartarse.

6. Cuando los tubos no son descargados con una carretilla elevadora, por lo general son elevados de los vagones mediante cables con un gancho grande acolchado para cada extremo del tubo o con tenazas para tubos. Si los tubos se envían sobre espaciadores de madera, para la descarga se pueden utilizar eslingas de lazo de manera que los lazos se puedan colocar fácilmente alrededor del centro del tubo. Se puede usar una grúa para elevar los tubos del vagón a los camiones y entregarlos en la zanja o en el lugar de almacenamiento. El operador de la grúa deberá tener la precaución de no golpear los tubos contra el lateral del vagón o contra otro tubo. Cuando los tubos se transportan desde la estación terminal hasta el lugar de la zanja en camión, estos se deben volver a cargar, asegurar y manejar tal como se describió anteriormente.

1.4 Eslingas: existe una variedad de eslingas disponibles para manejar los tubos. Las eslingas de nailon, con una capacidad de elevación adecuada, son particularmente apropiadas para elevar tubos y accesorios de hierro dúctil.

1.5 Ganchos: los ganchos utilizados en los extremos de los tubos para fines de descarga deben ajustarse tanto a los extremos lisos como en campana sin dañar ni atascarse en el metal. Por lo general, los ganchos se fabrican a partir de material en barra de una pulgada o más, dependiendo del tamaño del tubo.

Los ganchos deben estar acolchados y se debe tener cuidado de no dañar el revestimiento interior y el recubrimiento del tubo, los accesorios o las válvulas y las bocas de incendios.

1.6 Tenazas de tubos: Se dispone de varias tenazas de elevación o dispositivos de abrazadera patentados que liberan el tubo automáticamente cuando se afloja el cable del aparejo. Algunas abrazaderas se ajustan al diámetro exterior de dos o tres diferentes tamaños de tubos, mientras que otros estilos requieren una abrazadera distinta para cada tamaño de tubo que se esté manejando. Se debe tener cuidado al utilizar tenazas de tubos cerca de las zanjas que tengan soportes que sobresalgan por encima del suelo. Si

el tubo entra en contacto con el soporte, las tenazas pueden soltar el tubo antes de tiempo. Durante los climas de frío extremo, también se debe tener cuidado de garantizar que las almohadillas de la tenaza que sostienen los tubos se mantengan sin hielo a fin de evitar el deslizamiento de los tubos, lo que podría ocasionar lesiones.

Todos los dispositivos de elevación se deben inspeccionar, reparar y reemplazar de manera oportuna.

1.7 Recubrimiento exterior especial: cuando el tubo se suministra con un recubrimiento exterior especial, los dispositivos de manejo tales como eslingas, ganchos o tenazas deben estar acolchados para evitar daños al recubrimiento. Además, se debe inspeccionar si el recubrimiento tiene daños una vez que se retire el dispositivo de manejo. En el caso de los tubos revestidos con polietileno, los daños deben repararse con cinta de polietileno o pegando con cinta adhesiva un trozo de película de polietileno sobre el área dañada.

1.8 Apilamiento: los tubos almacenados durante un período prolongado no deben apilarse más alto de lo indicado en la tabla siguiente. Se deben usar maderas para mantener las hileras inferiores alejadas del suelo y ayudar a mantener la suciedad y los escombros fuera del tubo. Los tubos de las hileras subsiguientes deben alternar los extremos en campana con los extremos lisos. Se deberán colocar por lo menos dos filas de maderas entre las hileras con cuñas clavadas a cada extremo para evitar el movimiento de los tubos. Para seguridad y comodidad, cada tamaño se debe apilar por separado.

Tabla 1

Alturas máximas sugeridas para el apilamiento de los tubos de hierro dúctil

Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de hileras	Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de hileras
3	18*	20	6
4	16*	24	5
6	13*	30	4
8	11*	36	4
10	10*	42	3
12	9*	48	3
14	8*	54	3
16	7	60	3
18	6	64	3

**La altura de apilamiento se limita a aproximadamente 12 pies para una mayor seguridad y un fácil manejo.*

1.9 Conexiones y accesorios: los accesorios, las válvulas y las bocas de incendios se deben drenar y almacenar donde no sufran daños por congelación y se deben manejar de manera que se eviten daños a los mismos. Los accesorios pequeños, como las empaquetaduras de caucho, los pernos, las sustancias químicas desinfectantes, las envolturas de polietileno y los lubricantes para juntas que son necesarios para la instalación de la cañería de agua deben almacenarse en un depósito de herramientas móvil o un cobertizo de suministros hasta su utilización. El lubricante para las juntas con empaquetadura de caucho se proporciona en recipientes sellados y debe mantenerse en buenas condiciones higiénicas para facilitar la desinfección de la cañería.

1.10 Empaquetaduras: dado que las empaquetaduras que se suministran para los proyectos típicos de tuberías de agua que usan juntas de espiga-campana o mecánicas están

hechas de caucho sintético, deben almacenarse en un lugar fresco, alejado de la luz solar directa y sin contacto con productos derivados del petróleo. Las empaquetaduras que se almacenen de esta manera por lo general durarán años en el inventario y deberán ser utilizadas según la regla "primera en entrar, primera en salir". Antes de utilizar las empaquetaduras, se deberá revisar si tienen agrietamientos o deterioros girándolas tal como se hace al instalarlas. En climas fríos, las empaquetaduras se deben calentar para facilitar la instalación. Las empaquetaduras de estireno-butadieno (SBR, por sus siglas en inglés) son de uso estándar para las temperaturas de servicio normales de hasta 120˚F en el caso de las juntas mecánicas y de 150˚F para las juntas espiga-campana. Existen empaquetaduras especiales para temperaturas más altas y para otros requisitos especiales de servicio.

Las empaquetaduras para los distintos tipos de juntas espiga-campana no son intercambiables pero están fabricadas específicamente para la junta de un fabricante determinado. Se debe tener cuidado de utilizar la empaquetadura adecuada al ensamblar tubos de hierro dúctil con juntas espiga-campana. En cada empaquetadura se indica el nombre comercial o la marca comercial del fabricante, el tamaño del tubo y otra información importante para una fácil identificación.

El tubo de hierro dúctil no se deteriora y es impermeable a los hidrocarburos. Con un sistema de tubería de hierro dúctil, solo las juntas con empaquetadura pueden estar sujetas a la permeación. Sin embargo, puesto que el área de contacto entre la empaquetadura y el agua potable es relativamente pequeña, la permeación a través de las juntas con empaquetadura de los tubos de hierro dúctil probablemente no será una fuente de contaminación significativa, a menos que la empaquetadura esté expuesta a sustancias químicas orgánicas sin diluir durante largos períodos de tiempo. Algunos materiales de la empaquetadura resisten

la permeación y la degradación de hidrocarburos mejor que otros. Si bien las pruebas en otros materiales de empaquetadura son prometedoras, los resultados a la fecha indican que las empaquetaduras de caucho fluorocarbono son las más resistentes a la permeación. Las empaquetaduras de este material están disponibles para el uso con tubos de hierro dúctil instalados en áreas contaminadas o susceptibles a la contaminación por hidrocarburos.

1.11 Entrega en el lugar de la zanja: a fin de evitar manipulaciones innecesarias, los tubos y los accesorios deben colocarse lo más cerca posible a la posición que ocuparán en la tubería terminada. Por lo general, los tubos se colocan cerca de la zanja en el lado opuesto al banco de escombros. Normalmente se los ubica a lo largo de la zanja con las campanas apuntando en la misma dirección. Los tubos deben colocarse a lo largo del lugar de trabajo en ubicaciones donde se evite que el escurrimiento de la lluvia ingrese a los mismos antes de su utilización. Siempre que sea práctico, es útil alinear los tubos con los extremos (en especial las campanas) elevados del suelo para minimizar la limpieza necesaria antes de la instalación.

Capítulo 2
La zanja

2.1 Planificación previa a la construcción: antes de la instalación, considere grabar un video a lo largo de la obra. La cañería de agua deberá estar instalada de acuerdo con la línea y la pendiente establecidas por el ingeniero. Esta precaución por lo general se requiere en las áreas metropolitanas donde se deben evitar los servicios públicos subterráneos al pasar por encima, por debajo o alrededor de los mismos. El ingeniero establece la ubicación de estas estructuras y proporciona un plano y un perfil detallados.

El capataz responsable de la colocación de los tubos debe planificar el trabajo de excavación, el equipo y la mano de obra para ajustarse a los planos proporcionados, además de investigar cuidadosamente el lugar de construcción antes de mover equipos al sitio.

Cuando el espacio para el equipo sea limitado, de deberán cavar zanjas pequeñas. Algunas calles y callejones urbanos son tan angostos que se puede requerir trabajo manual, una pequeña retroexcavadora o máquina excavadora para instalar la tubería.

Lo opuesto a estas condiciones se encuentra en las instalaciones a campo traviesa donde los tubos pueden alinearse a una larga distancia por delante de la operación de excavación. La zanja se puede abrir más por delante de la cuadrilla de colocación de tubos y así controlar con más facilidad las condiciones de seguridad. Las cuadrillas de trabajo pueden organizarse según el supuesto de que largos tramos de cañería se instalarán cada día. Si los tramos de tubos y los accesorios no se han alineado por adelantado a lo largo del trayecto, se deberá planificar la entrega de los mismos según se requieran.

2.2 Árboles, arbustos y céspedes: el ingeniero proporcionará instrucciones escritas en cuanto a la destrucción, eliminación o conservación de árboles, arbustos, céspedes y cercas a lo largo de la tubería. A menudo es posible hacer un túnel debajo de los árboles grandes, pero los arbustos, las matas y los árboles pequeños deben ser llevados a un lote de almacenamiento donde se conservarán con tierra en las raíces o se destruirán y se reemplazarán posteriormente.

2.3 Otros servicios públicos: en el caso de los proyectos de construcción importantes, se deberán realizar reuniones previas a la construcción. Antes de excavar las calles de la ciudad, se deberá notificar por escrito a todas las empresas de servicios públicos de manera que sus estructuras puedan localizarse y marcarse en el derecho de paso. Algunas calles y carreteras están atravesadas por tuberías, alcantarillas, conductos, cables de electricidad y conductos de teléfono. Llame al 811 en cualquier lugar de los EE. UU. para coordinar la ubicación de servicios públicos por adelantado. No se deberá iniciar la excavación antes de obtener la autorización de todas las empresas de servicios públicos.

Cuando surjan obstrucciones imprevistas que requieran la modificación de los planos, las especificaciones podrán requerir que el propietario apruebe los cambios u organice el retiro, la reubicación o reconstrucción de las obstrucciones. Estas precauciones ahorran tiempo y dinero al propietario, a los ingenieros y a la cuadrilla de trabajo. Por ejemplo, la ruptura de una tubería de gas ocasionada por el diente de una retroexcavadora puede requerir la evacuación de residentes de varias manzanas hasta finalizar la reparación. La reparación de los cables de teléfono subterráneos dañados también es costosa.

Al excavar, se deberá tener extremo cuidado a fin de evitar la destrucción de las instalaciones de otros servicios públicos o la interrupción de los mismos.

2.4 Servicios de gas: si el equipo de excavación daña una tubería del servicio de gas, se deberá notificar a la empresa de gas de inmediato. La reparación de una tubería de gas no debe intentarse sin la supervisión de un empleado autorizado de la empresa de gas. Si hay servicios de gas no localizados a lo largo del trayecto, un agente del servicio de gas deberá estar presente en el lugar de trabajo para hacer cualquier reparación necesaria. Las roturas o los daños visibles en las tuberías del servicio de gas generalmente ocurren en la zanja abierta y se reparan con facilidad, pero la experiencia ha demostrado que la sacudida o el golpe de un cucharón excavador pueden aflojar una junta o un acoplamiento entre la cañería y la vivienda. Esto puede generar una fuga de gas, que puede provocar una explosión. Un agente de servicio de gas con experiencia deberá supervisar todas las reparaciones.

2.5 Alcantarillado doméstico: los alcantarillados domésticos que se encuentran a la misma elevación que la cañería de agua suelen crear problemas.

En esta situación, por lo general es más fácil bajar ligeramente el nivel de la cañería de agua para evitar

las alcantarillas. Durante la excavación, se debe tener cuidado de no dañar las alcantarillas domésticas. Si ocurriese algún daño, se deberá instalar un alcantarillado temporal tan pronto como sea posible. El supervisor del trabajo debe estar familiarizado con las reglamentaciones locales y estatales que especifican los requisitos de espacio mínimo entre las cañerías de agua y las alcantarillas.

Todas las alcantarillas domésticas deben estar en tan buenas condiciones al terminar la cañería de agua como lo estaban antes del inicio del trabajo.

2.6 Excavación de zanjas: en la mayoría de los casos, los ingenieros requieren que la tubería se instale con una cubierta de tierra mínima específica, que a menudo depende de la línea de congelación en los estados del norte y de las condiciones de carga de la superficie en los estados del sur. Cada empresa de servicio público o municipalidad posee prácticas establecidas para esta parte del trabajo de excavación. Además, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) reglamenta la necesidad de sostener las paredes de las zanjas durante la excavación. En parte, requiere que una "persona competente" capacitada sea responsable por la seguridad del sitio y del personal. En función de la profundidad de la zanja y del tipo de suelo que encuentren, determinarán la necesidad de un soporte o una inclinación de la pared de la zanja. Algunos suelos tendrán una buena resistencia con un apoyo mínimo, mientras que otros suelos requerirán un apuntalamiento más fuerte. La excavación debe cumplir todas las reglamentaciones federales, estatales y locales.

La extracción del pavimento también es parte de la excavación de la zanja. El pavimento debe romperse en líneas rectas usando herramientas y métodos adecuados.

Por lo general, lo adecuado es que la cañería de agua tenga una cubierta mínima de 2.5 a 3 pies para proporcionar una amortiguación sustancial que absorba los golpes que causa el tráfico. En los estados del norte con condiciones de helada severa, las tuberías se suelen colocar debajo de una cubierta de tierra de 8 pies o más.

2.7 Fondo de la zanja: el fondo de la zanja debe estar nivelado para darle al cuerpo de la tubería apoyo en tierra en toda su longitud. Los subsuelos blandos pueden ser un problema en las áreas pantanosas o en la arena suelta. El fondo de la zanja se puede mejorar agregando piedra molida de hasta 2 pulgadas de diámetro. Las piedras deben compactarse y, de ser necesario, se agregarán más piedras para llevar el fondo de la zanja hasta la rasante de terreno correcta. No se recomienda golpear la tubería con el cucharón de la retroexcavadora para lograr la rasante debido a la posibilidad de que dicha práctica ocasione daños a la tubería o al revestimiento. En casos extremos, puede ser necesario clavar pilotes y usar arriostramiento transversal o sujetar el tubo a encepados de pilotes para mantener la línea y la pendiente. En esta instancia se deberán aplicar los procedimientos adecuados de diseño de espesor para los tubos que se colocan sobre soportes.

2.8 Agujeros de las campanas: en cada junta deben proporcionarse agujeros para las campanas de las tuberías que no deben ser más grandes de lo necesario para el ensamblaje de la junta (incluso se deben alcanzar los solapamientos necesarios para la envoltura de polietileno, cuando se especifique) y a fin de garantizar que el cuerpo de la tubería quede plano en el fondo de la zanja. Las juntas estilo espiga-campana solo requieren una depresión mínima para los agujeros de las campanas. Los tubos por lo general se colocan instalando la espiga (extremo liso) del tubo en la campana colocada previamente. En ocasiones, puede ser necesario colocar el tubo al revés (la campana en el extremo de espiga colocado previamente). Esta práctica por lo general no se recomienda debido al hecho de que se requieren agujeros de campanas más grandes y una mayor necesidad de proporcionar soporte de suelo para los nuevos extremos de campana durante el relleno inicial.

2.9 Ancho de la zanja: la zanja debe ser lo suficientemente ancha para permitir la instalación adecuada de la tubería y dejar espacio para ensamblar las juntas y apisonar el relleno alrededor de la tubería. El ancho está dado por el tamaño del tubo, el tipo de suelo y el tipo de equipo de excavación. La siguiente tabla servirá como guía para el ancho de la zanja:

Tabla 2

Ancho sugerido de la zanja

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ancho de la zanja (pulgadas)	Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ancho de la zanja (pulgadas)
3	27	20	44
4	28	24	48
6	30	30	54
8	32	36	60
10	34	42	66
12	36	48	72
14	38	54	78
16	40	60	84
18	42	64	88

2.10 Excavación de rocas: las rocas deben ser excavadas de manera que no queden a menos de 6 pulgadas de la parte inferior y de los lados de la tubería en el caso de los diámetros de hasta 24 pulgadas ni a menos de 9 pulgadas en el caso de los diámetros de 30 pulgadas o más. Una vez finalizada la excavación, se deberá colocar un lecho de arena, piedra molida o tierra sin piedras ni terrones grandes en el fondo de la zanja y nivelarlo y apisonarlo a las profundidades antes mencionadas. Se puede usar una regla de borde recto para verificar si el fondo de la zanja tiene puntos de rocas que sobresalgan del lecho.

La palabra “roca” también se aplica a las grandes formaciones de grava con cantos de más de 8 pulgadas de diámetro. Estos cantos se deben quitar de la zanja y excluir del relleno. Esta misma práctica se deberá seguir si la excavación de la zanja atraviesa pilas de mampostería abandonada, grandes trozos de concreto y otros desechos. Los tubos no se deben

colocar sobre paredes de mampostería, pilares, cimientos u otras estructuras subterráneas inflexibles que se puedan encontrar en la excavación. Dichos obstáculos se deben retirar hasta las profundidades por debajo de la tubería antes mencionadas y debe colocarse un lecho de material apropiado. Asimismo, todas las estructuras temporales de soporte de la tubería, incluidas las maderas, deben ser retiradas antes de colocar el relleno.

2.11 Voladura: es posible que se requiera una voladura para eliminar las rocas grandes, los cimientos y los pilares de la zanja. Para la seguridad de la cuadrilla, las operaciones de voladura tendrán lugar muy por delante de la cuadrilla y deberán ser realizadas por personal autorizado únicamente. La zanja debe ser cubierta con una manta protectora con peso antes de detonar las cargas, y la tubería debe estar protegida de las rocas y los escombros que puedan caer.

Las zanjas que se abren en roca deben ser más profundas y anchas que aquellas que se encuentran en buenas condiciones de suelo para dar espacio a la colocación de material de amortiguación alrededor y debajo de la tubería.

Por lo general, las reglamentaciones locales rigen las voladuras, y es posible que se requiera un permiso.

2.12 Barricadas y seguridad: se debe tener en cuenta la seguridad pública en todo momento. El material excavado de la zanja debe apilarse en el lado de la calle de la cañería para formar una barrera y así mantener a los vehículos alejados de la zanja. Si el material excavado no se puede utilizar, se deberán colocar barricadas que se irán desplazando a medida que la obra avance. También se deberá disponer de letreros de construcción adecuados, protecciones, luces de advertencia intermitentes y guardavías para proteger al público. El material excavado suelto se debe retirar y las aceras se deben limpiar con la mayor frecuencia posible. Se debe evitar que los niños jueguen en las áreas de trabajo. De noche se deben utilizar balizas o luces de emergencia para que el material excavado, los tubos y otros accesorios sean visibles.

Cuando la excavación destruya las aceras peatonales se deberán proporcionar pasarelas de madera de por lo menos 4 pies de ancho con vallas de protección lateral. Las autoridades locales o estatales suelen exigir el cumplimiento de las disposiciones de seguridad establecidas.

2.13 Apuntalamiento: además de las consideraciones públicas de seguridad, el personal debe cumplir las precauciones de seguridad en el lugar de trabajo. La necesidad de apuntalamiento depende de la naturaleza del suelo y de la profundidad de la zanja. Además de los requisitos de la OSHA, muchas ciudades, estados y organismos federales han publicado reglamentaciones de seguridad en materia de requisitos de apuntalamiento. La arena, la arcilla de aglomeración

débil y la marga son los tipos de suelo con mayor probabilidad de deslizarse y caer sobre los obreros. Muchas arcillas tienden a quebrarse en un plano vertical y caer en la zanja. Las cargas adyacentes a la zanja abierta, conformadas por el material excavado y el uso de equipos pesados, también reduce la estabilidad en las paredes de la zanja.

En las zanjas profundas, un ingeniero deberá diseñar un apuntalamiento que soporte de manera adecuada la carga horizontal de tierra. Una vez que la tubería se haya instalado, este apuntalamiento se podrá retirar y conservar para su reutilización.

2.14 Movimiento de suelo y suelo expansivo: algunos suelos de arcilla densa se expanden y se contraen cuando se someten a condiciones de humedad y secado. Durante los períodos secos, se forman grietas, a menudo de gran profundidad. Cuando se vuelven a generar condiciones de humedad, la arcilla absorbe la humedad y se expande, ejerciendo presiones de expansión de hasta 17,500 libras por pie cuadrado. Debido a la resistencia y flexibilidad excepcional de los tubos de hierro dúctil, su utilización a menudo se recomienda para instalaciones en áreas con suelos expansivos.

2.15 Suelo corrosivo: si bien la mayoría de los suelos de los Estados Unidos no son corrosivos para los tubos de hierro dúctil, determinados ambientes de suelos como vertederos, ciénagas, pantanos, suelos alcalinos, lechos de ceniza y lechos de ríos contaminados son considerados potencialmente corrosivos para los tubos de hierro. Debido a sus requisitos de instalación y mantenimiento, la protección catódica del tubo de hierro dúctil solo se debe utilizar una vez considerados todos los aspectos de su uso, incluida la necesidad de pruebas y mantenimientos de rutina del sistema. Además, dado que el suelo corrosivo puede filtrarse a través de determinados rellenos, como la arena y la piedra caliza, el uso de estos rellenos solo ofrece protección temporal contra la corrosión.

Desde la década de 1920, la DIPRA ha llevado a cabo investigaciones para evaluar los suelos en cuanto a las características corrosivas y desarrollar procedimientos para proteger los tubos de hierro dúctil contra suelos agresivos. En 1964, la CIPRA (ahora DIPRA) instauró un procedimiento de evaluación del suelo de 10 puntos para identificar los suelos corrosivos que se incluye en el Apéndice de la norma ANSI/AWWA C105/A21.5. Más recientemente, a fin de servir mejor a las industrias del agua y de las aguas residuales, la DIPRA y Corrpro Companies, Inc. Aprovecharon sus

amplios conocimientos y experiencia para desarrollar en forma conjunta un modelo práctico y rentable que proporciona recomendaciones adecuadas para el control de la corrosión. El resultado es el Modelo de decisión de diseños (DDM®, por sus siglas en inglés) que tanto la DIPRA como Corrpro usan como herramienta de ingeniería para garantizar la longevidad que se ha convertido en el punto de referencia para los proyectos de tuberías de hierro dúctil de transmisión y distribución. El DDM® es una extensión del procedimiento de evaluación del suelo de 10 puntos y su desarrollo no pretende invalidar el sistema de 10 puntos. A diferencia del sistema de 10 puntos, que aborda la probabilidad de que se produzca la corrosión, el DDM® es un modelo bidimensional basado en riesgos que pondera la probabilidad de que ocurra un problema relacionado con la corrosión frente a las consecuencias de un error en la determinación de una estrategia de mitigación adecuada. El sistema de 10 puntos es un método preciso y confiable para la evaluación de suelos, sin embargo, el DDM® proporciona un enfoque más amplio que ofrece soluciones adaptadas a los aspectos específicos de un proyecto de tubería propuesto. Por ejemplo, las recomendaciones del DDM® incluyen las consideraciones de las diferencias prácticas entre las tuberías del sistema de distribución y las cañerías de transmisión.

2.16 Polietileno mejorado V-Bio:

en el caso de los suelos considerados corrosivos para el hierro dúctil, envolver el tubo en polietileno suelto proporciona un método de protección eficaz y económico. Sin embargo, a partir de 2013, la DIPRA comenzó a ofrecer una envoltura de polietileno que se ha mejorado con la infusión de un inhibidor de la corrosión y un componente antimicrobiano. Este nuevo producto, el polietileno mejorado V-Bio®, aprovecha las tecnologías de coextrusión en la fabricación de las envolturas de polietileno para infundir estos aditivos en la capa interior del polietileno. Basado en más de una década de investigación en lugares de prueba y en tuberías

operativas, el polietileno mejorado V-Bio® es una mejora a un método ya probado de mitigación contra entornos de suelo perjudicial y es la envoltura recomendada para la protección de los tubos de hierro dúctil. Para cualquier instalación de hierro dúctil que requiera una envoltura de polietileno mejorado V-Bio®, la envoltura deberá instalarse en conformidad con la norma ANSI/ AWWA C105/A21.5.

2.17 Recubrimientos de zinc metalizado:
el tubo de hierro dúctil en un proyecto dado se puede proporcionar con un recubrimiento de zinc metalizado, que se especifica con el polietileno mejorado V-Bio® para los entornos más rigurosos. Desde el punto de vista de la instalación, no hay diferencias en el manejo del tubo de hierro dúctil recubierto en zinc en comparación con el recubrimiento estándar. La tubería se ensambla de la misma manera y tiene la misma capacidad de deflexión. Además, también se puede cortar en el campo, si fuera necesario, para facilitar la instalación de la tubería.

Si bien la envoltura de polietileno deberá impedir el contacto entre la tubería, el relleno circundante y el material del lecho, no está previsto que sea completamente hermética. Se debe tener la precaución de evitar que el suelo o el material del lecho queden atrapados entre la tubería y el polietileno.

La envoltura de polietileno debe adaptarse al contorno de la tubería para que quede ajustada con un espacio mínimo entre el polietileno y la tubería. Se debe proporcionar una holgura suficiente en el contorno para evitar que el polietileno se estire al abarcar superficies irregulares, como interfaces campana-espiga, juntas atornilladas o accesorios, y para evitar daños a la envoltura durante las operaciones de relleno. Los solapamientos y los extremos se deben asegurar con cinta adhesiva o precintos plásticos.

Si la instalación se realiza por debajo del nivel freático o en áreas sujetas a la acción de las mareas, se recomienda sellar cuidadosamente ambos extremos de la envoltura con cinta adhesiva o precintos plásticos aplicados firmemente en el solapamiento de la junta. También se recomienda colocar envolturas alrededor de la circunferencia o precintos plásticos a intervalos de 2 pies a lo largo del cuerpo de la tubería para ayudar a minimizar el espacio entre el polietileno y la tubería. Si el medio ambiente es demasiado húmedo para usar cinta común, se deberá especificar una cinta de calidad marina.

Tal como ocurre con todos los métodos de protección, una instalación adecuada es fundamental para el éxito de la envoltura de polietileno mejorado V-Bio®. Sin embargo, la secuencia de instalación propiamente dicha es menos importante que la calidad y el cuidado que se adopten durante la instalación y las operaciones de perforación posteriores (vea la Sección 8.1 de esta guía).

ANSI/AWWA C105/A21.5
Métodos de instalación

Método A modificado

Esta es una modificación del Método A, que utiliza una envoltura de polietileno para cada tramo de tubo. En este método modificado, un extremo del tubo se fija a la espiga directamente por detrás de la línea de inserción antes de ensamblar la junta. Después de ensamblar la junta, la cinta deberá estar lo más cerca posible de la cara de la campana, pero no tan cerca como para interferir con la empaquetadura al ensamblar la junta. El solapamiento de 12 pulgadas se consigue al colocar la envoltura restante sobre la junta del tramo de tubo anterior.

Método A

En este método, para cada tramo de tubo se utiliza un tramo de la envoltura de polietileno mejorado V-Bio®, solapado en las juntas.

Método B

Se utiliza una envoltura de polietileno mejorado V-Bio® para el cuerpo del tubo y piezas separadas de la envoltura o una hoja de polietileno mejorado para las juntas.

Nota: El Método B no se recomienda para las juntas atornilladas a menos que se incluya una capa adicional de polietileno sobre el área de la junta como en los Métodos A y C.

Método C

Cada tramo de la tubería está completamente envuelto con una hoja delgada de polietileno mejorado V-Bio®.

Método A modificado: Guía de instalación paso a paso

Si bien la norma ANSI/AWWA C105/A21.5 incluye cuatro métodos distintos para instalar las envolturas de polietileno, la mayoría de las empresas de servicios públicos y contratistas prefieren usar alguna forma del Método A. A continuación, las dos formas más comunes se explican en detalle.

Método A modificado: Condiciones normales de zanja seca

Paso 1.
Corte una sección de envoltura de polietileno aproximadamente un pie más largo que el tramo de la tubería. Elimine todos los pedazos de arcilla, barro, ceniza u otro material que se pueda haber acumulado en la superficie del tubo durante el almacenamiento. Deslice la envoltura de polietileno alrededor del tubo, empezando por el extremo de la espiga. Pliegue la envoltura a modo de acordeón en el extremo del tubo. Jale del extremo pendiente del tubo y coloque cinta adhesiva alrededor del cuerpo del tubo fuera de la línea de inserción, aproximadamente a 12 pulgadas del extremo de espiga. Después de ensamblar la junta, la cinta deberá estar lo más cerca posible de la cara de la campana, pero no tan cerca del extremo de espiga como para interferir con la empaquetadura.

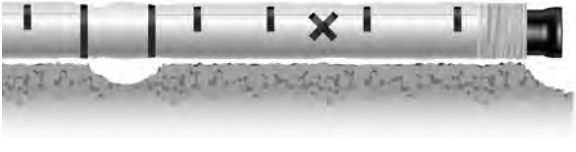
Paso 2.
Tense la holgura de la envoltura lo largo del cuerpo del tubo para que se ajuste bien. Pliegue el polietileno sobrante sobre la parte superior de la tubería y coloque trozos de cinta a través del pliegue para sostenerlo. Puesto que las ventajas que ofrece el polietileno mejorado V-Bio® aumentan al asegurar un buen contacto entre la envoltura y la superficie de la tubería, este paso es extremadamente importante para evitar el pandeo de la envoltura en la parte inferior de la tubería.

Paso 3.
Cave un hoyo poco profundo en la parte inferior de la zanja a la altura de la junta para facilitar la instalación de la envoltura de polietileno. Baje el tubo a la zanja y ensamble la junta del tubo con el tramo de tubo anterior.

Paso 4.
Mueva la eslinga hasta el extremo en campana del tubo y levante el tubo ligeramente para dejar espacio suficiente a fin de deslizar la envoltura con facilidad sobre el cuerpo restante del tubo. Pliegue la envoltura restante ceñidamente con cinta para sostenerla en el lugar. Nota: Asegúrese de que no quede suciedad u otro material del lecho entre la envoltura y la tubería.

Paso 5.
Fije el polietileno en el lugar detrás de la campana anterior colocando cinta alrededor de la circunferencia. Para hacer el solapamiento de la envoltura del polietileno, jale hacia atrás el polietileno plegado desde el tramo anterior del tubo y asegúrese de dejar un solape de 12 pulgadas.

Paso 6.
Coloque otro trozo de cinta alrededor de la circunferencia sobre el polietileno solapado, fijándolo al lado de espiga de la junta.



Paso 7.
Repare con cinta adhesiva todos los desgarros, rasgaduras u otros daños del tubo. Si el polietileno está muy dañado, repare el área dañada con una lámina de polietileno mejorado V-Bio® y selle los bordes de la reparación con cinta adhesiva.

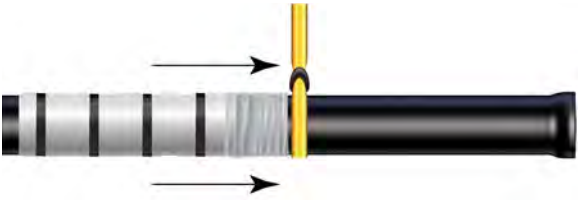
Paso 8.
Rellene la zanja con cuidado de acuerdo con los procedimientos de la norma ANSI/AWWA C600. A fin de evitar daños durante el relleno, deje una holgura suficiente en la envoltura a la altura de la junta. El relleno no debe tener ceniza, rocas, canto rodado, clavos, palos u otros materiales que puedan dañar el polietileno. Evite dañar el polietileno al utilizar dispositivos de apisonamiento.

Método A modificado alternativo: Condiciones de zanja húmeda

En condiciones de zanja húmeda y fangosa, la tubería debería estar totalmente cubierta por la envoltura de polietileno antes de bajarla a la zanja. Este método alternativo se ilustra a continuación.

Paso 1.
Al igual que con el método de la zanja seca, corte una sección de polietileno mejorado V-Bio® aproximadamente un pie más largo que el tramo de la tubería. Elimine todos los pedazos de arcilla, barro, ceniza u otro material que se pueda haber acumulado en la superficie del tubo durante el almacenamiento. Deslice la envoltura de polietileno alrededor del tubo,

empezando por el extremo de la espiga. Pliegue la envoltura a modo de acordeón en el extremo del tubo. Jale del extremo pendiente del tubo y coloque cinta adhesiva alrededor del cuerpo del tubo directamente detrás de la línea de inserción. Después de ensamblar la junta, la cinta deberá estar lo más cerca posible de la cara de la campana, pero no tan cerca del extremo de espiga como para interferir con la empaquetadura.



Paso 2.
Tense la holgura de la envoltura lo largo del cuerpo del tubo y pliegue el polietileno sobrante. Coloque cinta alrededor de la circunferencia a intervalos de dos pies hasta quedarse sin espacio. Esto es extremadamente importante para evitar el pandeo de la envoltura en la parte inferior de la tubería.

Si las condiciones húmedas dificultan la adherencia de la cinta a la envoltura, se deberá usar una cinta de calidad marina.

Paso 3.
Cave un hoyo poco profundo en campana en la parte inferior de la zanja, baje la tubería y ensamble la junta. Deslice la eslinga hasta el extremo de campana y levante el tubo ligeramente para dejar espacio a fin de deslizar la envoltura hasta el extremo. Siga plegando la envoltura ceñidamente y coloque cinta a intervalos de 2 pies para ajustar el polietileno.

Paso 4.
Para hacer el solapamiento de la envoltura del polietileno mejorado, jale hacia atrás el polietileno plegado desde el tramo anterior del tubo y asegúrese de dejar un solape de 12 pulgadas. Fije el polietileno pegando cinta alrededor de la circunferencia en el solapamiento y detrás de la campana anterior.

Paso 5.
Repare cualquier daño en el polietileno y rellene de acuerdo con la norma ANSI/AWWA C600 tal como se describe en los Pasos 7 y 8 del Método A modificado.

Si tiene algún problema o alguna pregunta sobre la instalación de la envoltura de polietileno, comuníquese con la DIPRA o con alguna de sus compañías miembro. En el sitio web de la DIPRA también encontrará videos que demuestran los métodos de instalación recomendados. Podrá encontrarlos en la página de Recursos en www.dipra.org.

Tabla 3

Ancho mínimo de tubos aplastados de polietileno para tubos con junta* espiga-campana

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ancho del tubo aplastado (pulgadas)	Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ancho del tubo aplastado (pulgadas)
3	14	20	41
4	14	24	54
6	16	30	67
8	20	36	81
10	24	42	81
12	27	48	95
14	30	54	108
16	34	60	108
18	37	64	121

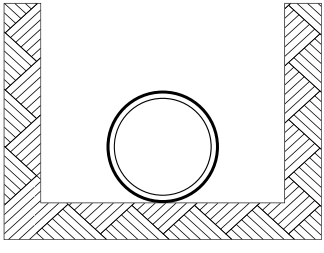
**Los tubos con anchos más grandes pueden requerir otros tipos de juntas.*

Instalación de tubos con protección de polietileno

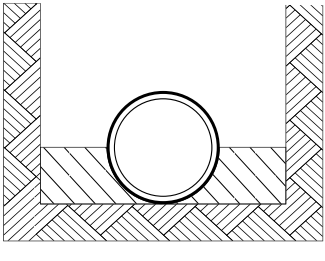
Capítulo 3
Instalación de los tubos

3.1 Condiciones estándar de tendido: la condición de tendido de la zanja suele ser especificada por el ingeniero o la empresa de servicios públicos. En la norma ANSI/AWWA C150/A21.50 se describen cinco condiciones estándar de tendido.

Condición de tendido

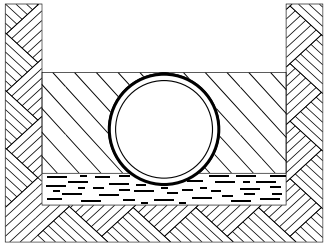


Tipo 1
Zanja de fondo plano.† Relleno suelto.



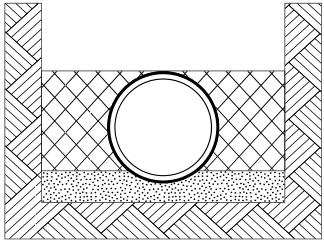
Tipo 2
Zanja de fondo plano.† Relleno ligeramente consolidado hasta la línea central de la tubería.
**En el caso de los tubos de 14 pulgadas o más, deben tenerse en cuenta las condicionesde tendido diferentes al Tipo 1.*
† "Fondo plano" se define como tierra sin alterar.

Condición de tendido



Tipo 3

Tubo colocado en 4 pulgadas de tierra suelta como mínimo.†† Relleno ligeramente consolidado hasta la parte superior de la tubería.



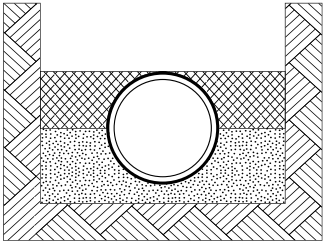
Tipo 4

Tubería colocada en arena, grava o piedra molida a una profundidad de 1/8 de diámetro del tubo, 4 pulgadas como mínimo. Relleno compactado hasta la parte superior de la tubería. (Aproximadamente 80 por ciento del ensayo Proctor, AASHTO T-99)**

††El suelo suelto o material selecto se define como "suelo excavado de la zanja, sin rocas, material extraño y tierra congelada".

***AASHTO T-99 "Método estándar de ensayo para la relación humedad-densidad de los suelos utilizando un pisón de 5.5 lb (2.5 kg) y una caída de 12 pulgadas (305 mm)". Dsponible en American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 N. Capital St. N.W., Washington, DC 20001.*

Condición de tendido



Tipo 5

Tubería colocada hasta su línea central en material granular compactado, por lo menos 4 pulgadas por debajo de la tubería. Material granular compactado§ o material selecto†† hasta la parte superior de la tubería. (Aproximadamente 90 por ciento del ensayo Proctor, AASHTO T-99)**

§ Los materiales granulares son definidos según el Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO (ASTM D3282) o el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (ASTM D2487), con la excepción de que el lecho/relleno de grava adyacente a la tubería está limitado a partículas de 2 pulgadas como máximo según la norma ANSI/AWWA C600.
††El suelo suelto o material selecto se define como "suelo excavado de la zanja, sin rocas, material extraño y tierra congelada".
***AASHTO T-99 "Método estándar de ensayo para la relación humedad-densidad de los suelos utilizando un pisón de 5.5 lb (2.5 kg) y una caída de 12 pulgadas (305 mm)". Dsponible en American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 N. Capital St. N.W., Washington, DC 20001.*

3.2 Limpieza de extremos lisos y en campana: a fin de evitar desplazamientos de empaquetaduras y fugas en las juntas se deberá quitar la arena, la suciedad, el recubrimiento sobrante, el hielo y otros materiales extraños de los extremos lisos y los huecos para las empaquetaduras de las campanas.

3.3 Manejo del tubo al colocarlo en la zanja: antes de bajar cualquier tramo de tubo a la zanja, deberá inspeccionarse para verificar si tiene daños y si el interior del tubo tiene suciedad suelta y objetos extraños como herramientas, ropa, etc. Si se ha permitido que el lodo o el agua de la zanja se hayan estancado o hayan pasado a través del tubo, el interior del tubo se deberá restregar con una solución fuerte de cloro, lavar y enjuagar. Esta precaución ahorrará tiempo y gastos al desinfectar la cañería de agua.

Los tubos se deben manejar con equipos eléctricos y se deben colocar en la zanja con tenazas para tubos o eslingas. Bajo ninguna circunstancia se deben empujar desde el banco y dejar caer en la zanja.

Si se utiliza una eslinga de cable alrededor del centro del tubo, se deberá colocar un bloque de madera entre el tubo y el cable para reducir la posibilidad de que el tubo se deslice.

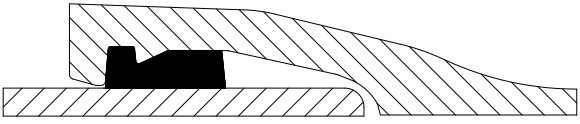
Las válvulas, los accesorios y las bocas de incendios deben bajarse a la zanja con cuerdas o un aparejo eléctrico, según sus tamaños. La cuerda o eslinga no se debe fijar al vástago de la válvula y bajo ninguna circunstancia estos accesorios se deberán dejar caer o arrojar en la zanja.

3.4 Dirección de las campanas: si bien es común tender los tubos con las campanas en el mismo sentido que la dirección de avance de la obra, esto no es obligatorio. Por ejemplo, cuando la cañería se coloca cuesta abajo, los tubos se suelen tender con las campanas en sentido cuesta arriba para facilitar la instalación. La dirección de las campanas no se relaciona con la dirección del flujo en la cañería en términos funcionales. Consulte la Sección 2.8,

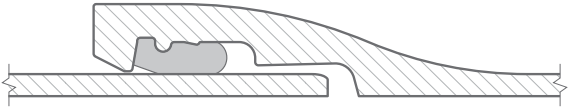
Agujeros de las campanas, para ver comentarios adicionales relacionados con la dirección de las campanas.

3.5 Tapones para tubos: Cuando el tendido de tubos no esté en progreso, los extremos abiertos de la tubería se deben cerrar con un tapón hermético u otros medios aprobados por el propietario. El tapón debe tener un método de ventilación de manera que la presión de aire o agua pueda liberarse antes de retirarlo. Si la zanja se inunda, se deberá tener cuidado de evitar la flotación de los tubos.

3.6 Juntas espiga-campana: la junta espiga-campana consiste en una campana especial, un extremo liso y una empaquetadura de caucho. La campana se ofrece con un surco interno donde se asienta la empaquetadura adecuada. El extremo liso está biselado y la unión se ensambla empujando el extremo liso dentro de la campana, que comprime la empaquetadura y forma un sello hermético. Los fabricantes de tubos de hierro dúctil poseen dos diseños de juntas espiga-campana. La cavidad de la campana es diferente para cada tipo de empaquetadura, y las empaquetaduras no son intercambiables.



Fastite®



Junta Tyton

Sin embargo, el diámetro exterior de todos los tubos de hierro dúctil del mismo tamaño está estandarizado, independientemente del fabricante. Se debe tener la precaución de asegurarse de utilizar la empaquetadura correcta para el diseño de junta que se está instalando y de colocar la empaquetadura en la dirección correcta. Las ilustraciones siguientes detallan los pasos a seguir en el ensamblaje de la junta.

Cuando el tubo se corte en el campo, se deberá biselar el extremo liso con una lima resistente, una amoladora neumática u otro dispositivo adecuado y eliminar todos los bordes afilados.
Las reglamentaciones de la OSHA no permiten realizar el bisel utilizando la cuchilla de una sierra utilizada para cortar el tubo. Vea un bisel hecho en fábrica como guía para lograr la forma correcta.

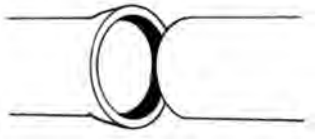
En los tubos con junta espiga-campana, se pueden utilizar conexiones de juntas espiga-campana o juntas mecánicas. El extremo liso del tubo se proporciona con dos líneas de medición pintadas que se pueden utilizar para determinar si el extremo liso se ha colocado correctamente en la cavidad de la campana. Deben cumplirse las instrucciones del fabricante sobre la ubicación de estas líneas una vez terminado el ensamblaje.

Ensamblaje de junta espiga-campana

1. Limpie cuidadosamente el surco y la cavidad de la campana del tubo o la conexión; limpie también el extremo liso del tubo que se conectará o la conexión. Utilizando una empaquetadura de diseño adecuado para la junta a ensamblar, haga un lazo

pequeño e introdúzcalo en la cavidad. En el caso de los tubos de más de 20 pulgadas, es posible que deba hacer dos lazos en la empaquetadura (a las 6 y a las 12 en punto). Asegúrese de colocar la empaquetadura en la dirección correcta y de que quede debidamente asentada. *Nota: En climas fríos, puede ser necesario calentar la empaquetadura para facilitar la inserción.*

2. Aplique lubricante en la superficie expuesta de la empaquetadura y el extremo liso del tubo o en la conexión en conformidad con las recomendaciones del fabricante de tubos. No aplique lubricante en la cavidad de la campana ni en la superficie de la empaquetadura en contacto con la cavidad de la campana. El lubricante se proporciona en recipientes estériles y se debe hacer todo lo posible para mantener su esterilidad. En el caso de los ensamblajes subacuáticos o con juntas muy húmedas, deberá utilizarse un lubricante para juntas subacuáticas relativamente insoluble.



3. Asegúrese de que la forma y las dimensiones del bisel del extremo liso cumplan las recomendaciones del fabricante; los bordes cuadrados o afilados pueden dañar o desprender la empaquetadura y ocasionar una fuga. Cuando el tubo se corte en el campo, se deberá biselar el extremo liso con una lima pesada o una amoladora para eliminar todos

los bordes afilados. No use la cuchilla de una sierra para biselar el extremo liso. Empuje el extremo liso en la cavidad de la campana del tubo o el accesorio de unión, manteniendo la junta recta mientras empuja. Realice la deflexión una vez que ensamble la junta.

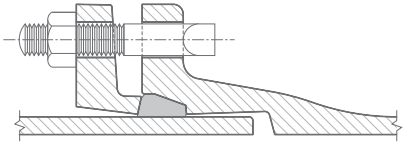
4. Los tubos pequeños se pueden empujar en la cavidad de la campana con una barra larga. Los tubos largos requieren una fuerza adicional, como la que proporciona un gato, extractor de palanca o retroexcavadora. El proveedor puede dar en alquiler un gato o un extractor de palanca. Entre el tubo y el gato o el cucharón de la retroexcavadora se deberá colocar un cabezal de madera para evitar daños al tubo.

Existen varios dispositivos de tracción disponibles para tubos de gran diámetro, cada uno con su propia serie de instrucciones que se deben seguir cuidadosamente para una mayor conveniencia y una operación sin problemas.

A partir de 1962, el tubo con junta espiga-campana se fabrica con un diámetro exterior estándar para cada tamaño nominal de tubo. Esto se debería tener en cuenta al conectar un tubo con junta espiga-campana con un tubo antiguo colado en fosa. El tubo colado en fosa se fabricó en cuatro clasificaciones: A, B, C y D, y por lo general, cada uno posee una dimensión de diámetro exterior distinta. Los tubos existentes en el sistema se deben medir a fin de determinar

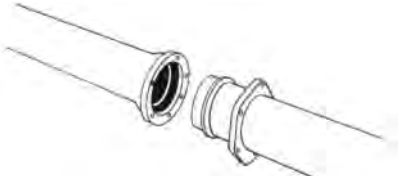
si se requerirá un acople de transición o una empaquetadura de tamaño especial para conectar tubos de diferentes diámetros exteriores.

3.7 Juntas mecánicas: el principal uso de las juntas mecánicas para las tuberías de hierro dúctil se da en las conexiones, con una disponibilidad limitada en lo que respecta a los tamaños de los tubos de hierro dúctil. La junta mecánica tiene cuatro partes: una brida fundida con la campana; una empaquetadura de caucho que se ajusta al hueco de la campana; un collarín, o anillo, para comprimir la empaquetadura; pernos de cabeza en T y tuercas para ajustar la junta. El ensamblaje de la junta es muy simple y solo requiere una herramienta: una llave de carraca común.
Nota: La junta mecánica no es una junta restringida y no ofrece resistencia contra la separación de la junta debido a las fuerzas de empuje. Si se requieren juntas restringidas, comuníquese con su compañía miembro de la DIPRA. (Consulte la Sección 5.3.0)



JUNTA MECÁNICA

Ensamblaje de junta mecánica

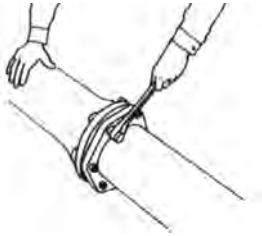


1. Limpie con un paño el hueco de la campana y el extremo liso. Inmediatamente antes de deslizar la empaquetadura en el extremo liso para ensamblar la junta, cepille la empaquetadura y el extremo liso con agua jabonosa o un lubricante para juntas espiga-campana aprobado, que cumpla los requisitos de la norma ANSI/AWWA C111/A21.11.
Nota: La lubricación se recomienda para lograr un ensamblaje adecuado de todas las juntas mecánicas. Coloque el collarín en el extremo liso con la extensión de labio hacia el extremo liso, seguido por la empaquetadura con el borde angosto hacia el extremo liso. Nota: En climas fríos, es preferible calentar la empaquetadura para facilitar el ensamblaje de la junta.

2. Introduzca el extremo liso en la cavidad y presione la empaquetadura de manera firme y uniforme en el hueco. Mantenga la junta recta durante el ensamblaje.

3. Empuje el collarín hacia la cavidad y céntrelo alrededor del extremo liso con el labio contra la empaquetadura. Introduzca los pernos y ajuste las tuercas a mano. Realice la deflexión después de ensamblar la junta pero antes de ajustar los pernos.

4. Ajuste los pernos al rango normal de par de torsión para pernos (tal como se indica en la tabla siguiente) a la vez que mantiene consistentemente la misma distancia entre el collarín y la cara de la brida en todos los puntos alrededor de la cavidad. Esta consistencia se puede lograr ajustando primero el perno inferior de manera parcial, luego



el perno superior, luego los pernos de los lados y finalmente los pernos restantes. Este procedimiento para ajustar pernos se conoce como “patrón estrella”. Repita el proceso hasta que todos los pernos se encuentren dentro del rango de par de torsión adecuado. En el caso de los tamaños grandes (de 30 a 48 pulgadas), se pueden requerir cinco o más repeticiones. Las juntas que se hayan ensamblado sin la lubricación adecuada o con un par de torsión incorrecto serán susceptibles a fugas.

Tabla 4
Par de torsión de los pernos de la junta mecánica

Tamaño de la junta (pulgadas)	Tamaño del perno (pulgadas)	Rango de par de torsión (pies – lb)
3	5/8	45-60
4-24	3/4	75-90
30-36	1	100-120
42-48	1/1/2004	120-150

Notas: los tubos fundidos en forma centrífuga con junta espiga-campana y junta mecánica tienen el mismo diámetro exterior para cada tamaño nominal. Las juntas mecánicas de 30 a 64 pulgadas solo están disponibles en las conexiones.

3.8 Juntas bridadas: las juntas bridadas rara vez se usan en las cañerías de agua subterráneas excepto en las válvulas y las conexiones para entornos de medidores grandes, bóvedas de válvulas e instalaciones similares. Generalmente, esta junta se usa en las tuberías internas en salas de bombas, plantas de filtrado y plantas de tratamiento de aguas residuales, y en ocasiones se utiliza en las válvulas adyacentes a las bocas de incendio. Dada su rigidez, la junta bridada no se recomienda en lugares donde se puedan producir vibraciones o asentamientos fuertes.

3.9 Deflexión de la junta: a menudo puede ser necesario desviar la tubería de una línea recta al seguir la curvatura de las calles y los caminos. Tanto los tubos con junta espiga-campana como los tubos con junta mecánica son adecuados para las aplicaciones donde se requiere una deflexión de la junta.

En las curvas con radio largo, la zanja se debe excavar con un ancho mayor al normal para permitir el ensamblaje en línea recta antes de la deflexión. No se recomienda y no se aconseja introducir el extremo liso de un tubo de tramo completo en una campana bajo condiciones de deflexión. Cuando

la deflexión sea necesaria, la tubería se deberá ensamblar en línea recta, tanto horizontal como verticalmente, antes de realizar la deflexión. En el caso de los tubos con junta mecánica, los pernos se deberán ajustar a mano antes de realizar la deflexión.

Geometría de la curva de tubería

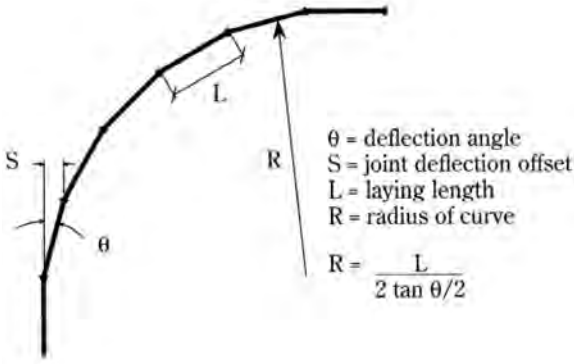


Tabla 5
Tubos de longitud completa y deflexión máxima, tubos con junta espiga-campana

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ángulo de deflexión - Ø* (grados)	Desplazamiento máx. - S* (pulgadas)		Radio aproximado de la curva - R* producido por una sucesión de juntas	
		L*= 18 pies	L*= 20 pies	L*= 18 pies	L*= 20 pies
3	5	19	21	205	230
4	5	19	21	205	230
6	5	19	21	205	230
8	5	19	21	205	230
10	5	19	21	205	230
12	5	19	21	205	230
14	3	11	12	340	380
16	3	11	12	340	380
18	3	11	12	340	380
20	3	11	12	340	380
24	3	11	12	340	380
30	3	11	12	340	380
36	3	11	12	340	380
42	3	11	12	340	380
48	3	–	12	–	380
54	3	–	12	–	380
60	3	–	12	–	380
64	3	–	12	–	380

Nota: En el caso de las juntas espiga-campana de 14 pulgadas o más, la deflexión máxima puede ser mayor que la que se muestra arriba. Consulte a su compañía miembro de la DIPRA.
**Vea la figura en la página 55.*

Tabla 6
Tubos de longitud completa y deflexión máxima, conexiones y tubos con juntas mecánicas*

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Ángulo de deflexión† - Ø* (grados)	Desplazamiento máx. - S* (pulgadas)		Radio aproximado de la curva - R* producido por una sucesión de juntas	
		L*= 18 pies	L*= 20 pies	L*= 18 pies	L*= 20 pies
3	8	31	35	125	140
4	8	31	35	125	140
6	7	27	30	145	160
8	5	20	22	195	220
10	5	20	22	195	220
12	5	20	22	195	220
14	3.5	13.5	15	285	320
16	3.5	13.5	15	285	320
18	3	11	12	340	380
20	3	11	12	340	380
24	2	9	10	450	500

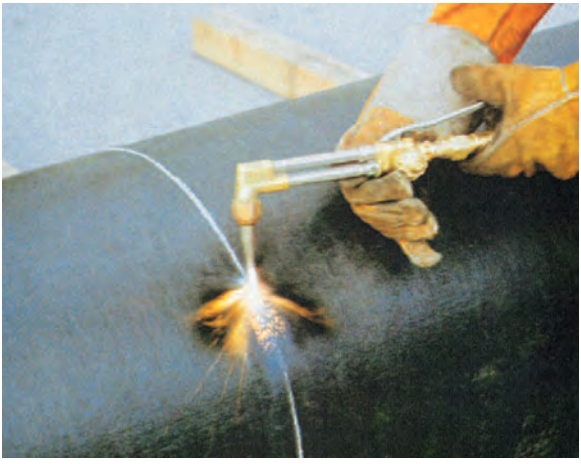
Nota: De acuerdo con la norma ANSI/AWWA C111/A21.11, el tamaño máximo del tubo con junta mecánica es de 24 pulgadas. Sin embargo, existen conexiones con juntas mecánicas de tamaños mayores.
†Redondeado al medio grado más próximo.
**Vea la figura en la página 55.*

3.10 Acoples de transición: los acoples o empaquetaduras de transición son necesarios para unir el hierro dúctil a los distintos tipos de tubos como los de acero, cemento de asbesto y plástico. Al pedir acoples o empaquetaduras de transición, deberá dar el diámetro exterior real de ambos tipos de tubos. Esto puede requerir la excavación y medición de la circunferencia de los tubos existentes.

3.11 Corte de tubos: el tubo de hierro dúctil se puede cortar utilizando una sierra de corte abrasivo, un cortador giratorio, una sierra tipo guillotina, una sierra de cadena fabricada específicamente para cortar tubos de hierro dúctil, o una sierra circular. El tubo también se puede cortar con un soplete oxiacetilénico si el fabricante del tubo lo recomienda.

La sierra de corte abrasivo se usa frecuentemente para cortes de tubos de cualquier tamaño "fuera de la zanja". El cortador giratorio se puede utilizar dentro o fuera de la zanja para tubos de hasta 30 pulgadas de diámetro. La sierra tipo guillotina se puede utilizar dentro o fuera de la zanja para cortar tubos de hasta 16 pulgadas de diámetro. Y la sierra circular se puede utilizar dentro o fuera de la zanja para tubos de 6 pulgadas de diámetro o más. Cada una de estas herramientas de corte está disponible con motores eléctricos o neumáticos.

Además, existen cortadores especiales para biselar tubos con una sierra circular que, cuando dispone de un motor neumático, se puede utilizar para hacer cortes subacuáticos. Si se utiliza el método de soplete oxiacetilénico para cortar tubos, se deberá consultar a la compañía miembro de la DIPRA para obtener recomendaciones e instrucciones sobre el corte de sus productos. Las normas ANSI/AWWA para los tubos de hierro dúctil requieren la medición en fábrica del extremo en espiga.



Por consiguiente, el tubo seleccionado para el corte se debe medir en el campo. El collarín de la junta mecánica introducido en el cuerpo del tubo puede servir como un conveniente indicador para la medición en el campo. Cuando no se disponga de collarines, el tubo se podrá seleccionar midiéndolo con una cinta en conformidad con las recomendaciones del fabricante. Algunos tubos, especialmente los de diámetros más grandes, pueden no estar redondeados al nivel necesario de manera que después del corte deberán ser redondeados con un gato, con cuidado de no excederse, o bien utilizar otros métodos que faciliten el ensamblaje de la junta. Esto suele ocurrir y de ninguna manera afecta la capacidad de servicio del tubo de hierro dúctil. Las instrucciones para redondear los tubos se pueden obtener en los fabricantes de tubos.

Los extremos cortados y los bordes ásperos deben alisarse y, en el caso de las conexiones tipo espiga-campana, el extremo cortado debe biselarse ligeramente. El tiempo requerido para cortar mecánicamente el tubo de hierro dúctil con una sierra de corte abrasivo es de aproximadamente un minuto por diámetro de pulgada del tubo. Por ejemplo, para cortar mecánicamente un tubo con un diámetro de 24 pulgadas, se necesitarían 24 minutos.

3.12 Cruces de vías férreas y carreteras: las cañerías de agua a menudo se instalan debajo de las carreteras y las vías férreas. Dada la tenacidad inherente y la resistencia a altos impactos, el hierro dúctil es un material excelente para esta aplicación. En muchos casos, el hierro dúctil elimina la necesidad de un tubo de revestimiento protector de acero. Sin embargo, las condiciones existentes pueden determinar el uso de un revestimiento y algunos departamentos estatales y locales de carreteras y vías férreas siguen exigiendo su utilización. Si bien las reglamentaciones del departamento de carreteras varían de estado a estado, la mayoría de las vías férreas aplican las reglamentaciones de la American Railway Engineering Association (AREA, por sus siglas en inglés). Estas reglamentaciones se deben consultar y los permisos se deben obtener con suficiente antelación al trabajo. Los cruces suelen realizarse mediante perforación, elevación, construcción de túneles o perforación direccional horizontal (HDD, por sus siglas en inglés).

En los casos donde se requiera un revestimiento, el tubo de hierro dúctil se jala o empuja a través del tubo de revestimiento previamente instalado. El tubo de revestimiento debe ser de 6 a 8 pulgadas más grande que el diámetro exterior de las campanas de los tubos de hierro dúctil.

Las cuñas, los patines o los espaciadores de aislamiento se deberán colocar sobre el tubo de hierro dúctil o debajo del mismo para mantenerlo centrado en el revestimiento y evitar daños al realizar la instalación. Se debe tener cuidado de evitar el contacto entre el tubo y el revestimiento. Se proporcionarán tapones para extremos y otros métodos de sellado según lo especificado.

Dada su capacidad para soportar vibraciones, debajo de las vías férreas se deben usar tubos con junta espiga-campana o junta mecánica. El material de relleno se puede eliminar en el espacio entre el tubo y las alcantarillas cortas. En los cruces muy largos, suele ser necesario rellenar parcialmente el espacio entre el hierro dúctil y el tubo de revestimiento para evitar el movimiento. Si se utiliza arena, no rellene por completo el espacio entre el tubo y el revestimiento, ya que esta práctica transmite las cargas de la superficie al tubo y, por lo tanto, anula el propósito del revestimiento. No se recomienda hacer una inyección de lechada a presión en el espacio anular entre el revestimiento y la tubería a menos que la presión se pueda mantener por debajo de la presión que ocasionaría el pandeo del tubo.
Nota: En algunos casos, puede ser aconsejable hacer independientemente una prueba hidrostática en la sección de tubería con revestimiento.

3.13 Aplicaciones sin zanja: existen varios métodos para instalar tubos de hierro dúctil en aplicaciones sin zanja, que incluyen la perforación direccional horizontal y la construcción de microtúneles. Los tubos de hierro dúctil, fabricados en conformidad con la norma ANSI/AWWA C151/A21.51, se pueden instalar utilizando varios métodos sin zanja que incluyen el apoyo deslizante y la perforación direccional. Los métodos implican la formación de un agujero de tamaño adecuado, más grande que el diámetro exterior de la junta del tubo. Cuando el tubo se jala a su posición, por lo general se usan juntas restringidas.

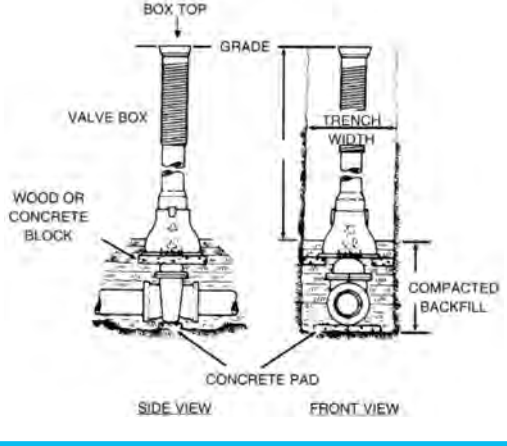
3.14 Suministro de descongelación eléctrica: existen varios métodos disponibles para dirigir la corriente directa a través de las juntas cuando es necesario descongelar eléctricamente una tubería. Estos métodos incluyen empaquetaduras que poseen tiras de contacto metálicas, cuñas insertadas en las juntas, tiras metálicas y cables conductores que se colocan en la fundición o cables que se aplican en el campo.

A fin de evitar futuros problemas, se deberá calcular el número correcto de cuñas a insertar en la junta, tira o cable conductor utilizando un factor de seguridad adecuado con respecto a las necesidades de corriente eléctrica para la descongelación. Asimismo, las tiras y conexiones a los tubos deben estar eléctricamente aisladas del relleno cuando el ingeniero lo requiera.

Capítulo 4
Válvulas

4.1 Inspección de las válvulas: antes de la instalación, se deben inspeccionar las válvulas en cuanto a dirección de apertura, número de giros para la apertura, libertad de funcionamiento, firmeza de los tapones de prueba, limpieza de los puertos y de las superficies de asiento, daños de manipulación y agrietamientos. Las válvulas defectuosas deben ser reparadas o apartadas para ser inspeccionadas por el propietario. Se deberá verificar que todos los pernos y las tuercas estén bien ajustados, excepto los pernos o tornillos con asiento de ajuste en válvulas mariposa, que solo se deberán ajustar según las recomendaciones del fabricante.

4.2 Instalación de las válvulas: a fin de asegurarse de que el tubo no deba sostener el peso de las válvulas pesadas (de 8 pulgadas o más), estas deberán contar con apoyos, como maderas tratadas, piedras molidas, plataformas de concreto o un fondo de zanja bien apisonado. Las válvulas que se instalan por encima del suelo o en sistemas de tuberías de plantas deben estar apoyadas para evitar que la válvula y las conexiones se doblen debido a la carga de la tubería.



Las válvulas se pueden colocar en bóvedas de concreto o de mampostería o se pueden enterrar en el suelo con una caja de válvula u otro dispositivo, colocado sobre el operador de la válvula, que permita el acceso y la operación de la misma. Todas las válvulas con engranajes expuestos deben instalarse en una bóveda. El acceso a los pozos de registro debe ser lo suficientemente grande para permitir el retiro de la válvula si en el futuro fuera necesario reemplazarla.

Si las válvulas están en una bóveda de concreto o de mampostería, las penetraciones en la pared deben incorporar un espacio de por lo menos 2 pulgadas entre el concreto y la tubería para garantizar que el peso de la bóveda no recaiga sobre la cañería de agua.

Cuando se utilicen cajas de válvulas, estas deben colocarse por encima de la válvula de manera que el peso del tráfico de camiones que circula por la calle no se transfiera a la válvula o a la tubería. El borde acampanado inferior de la caja puede requerir un soporte adicional, como un bloque de madera de 2 pulgadas x 6 pulgadas x 18 pulgadas a cada lado de la válvula. Los bloques de concreto del pavimento no deben verterse alrededor de la parte superior de la válvula. Cuando se usan válvulas de extremo bridado bajo tierra, una o más juntas de tubos flexibles se deberán colocar cerca de las válvulas.

El empuje resultante del cierre de la válvula se deberá considerar en el diseño del sistema de tuberías y válvulas. En el caso en que no se haya proporcionado una restricción contra el empuje específicamente, las juntas de los tubos se deberán instalar sin deflexión, y las juntas se deberán ajustar a ambos lados de la válvula.

4.3 Operaciones de la válvula: las válvulas y las bocas de incendios que sirven a la cañería nueva deben ser abiertas y cerradas por los empleados de la dirección de obras hidráulicas únicamente. Cerca

del inicio de una cañería nueva deberá instalarse una válvula nueva para que utilice la cuadrilla de construcción y para proporcionar una válvula que cierre bien mientras se realizan las pruebas de fugas por presión.

4.4 Válvulas nuevas en cañerías existentes: las empresas de servicios de agua y los contratistas utilizan válvulas y camisas especiales para instalar válvulas nuevas en cañerías existentes. Como alternativa, se puede utilizar una camisa sólida para instalar una válvula nueva en una cañería existente. Con este método, la válvula se deberá sostener firmemente en la línea utilizando una pieza de tubo para rellenar el espacio dentro de la camisa, de manera que cuando haya presión de un lado de la válvula cerrada, el empuje no presione la válvula a lo largo de la línea y ocasione una fuga o una posible separación de la junta.

4.5 Instalación de purgas y respiraderos: la descarga para las purgas y los drenajes deben instalarse de manera que no exista la posibilidad de que el alcantarillado u otros contaminantes ingresen a la cañería de agua. Las purgas y los drenajes deben descargar sobre el suelo y tener un espacio de aire de por lo menos dos diámetros de tubería en el alcantarillado o en la corriente receptora. Se deben suministrar puntos de liberación de aire y de vacío en los puntos altos de la línea al igual que en las áreas de presión negativa. Todos los extremos muertos de las cañerías nuevas deben cerrarse con tapones o tapas que estén debidamente retenidas para evitar que sean expulsados bajo presión. Todos los extremos muertos deben estar equipados con dispositivos de purga o descarga.

4.6 Inspección de las bocas de incendios: antes de su instalación, las bocas de incendios se deben inspeccionar para revisar la dirección de apertura, la rosca de la boquilla, las dimensiones de la tuerca de operación y de la tuerca ciega, el ajuste de los pernos que contienen la presión, la limpieza del codo de entrada, los daños de manipulación y el agrietamiento. Las bocas de incendios defectuosas deben ser reparadas o apartadas para ser inspeccionadas por el propietario.

4.7 Instalación de las bocas de incendios: las bocas de incendios se deben instalar en los bulevares u otras ubicaciones donde se pueda acceder a ellas fácilmente y que a la vez queden fuera del recorrido de vehículos y peatones. Cuando las bocas de incendios sean colocadas detrás del encintado, es aconsejable que estén apartadas, de manera que los parachoques de los vehículos no las golpeen cuando los neumáticos golpeen el encintado. Cuando se instalan en el césped o en bulevares, las bocas de incendios deberán colocarse a uno o dos pies del borde de la acerca para la seguridad de los peatones. En la derivación a la boca de incendio se debe instalar una válvula esclusa lo suficientemente lejos de la boca de incendio para permitir el mantenimiento de la misma sin interrumpir el flujo de la línea principal.

La mayoría de las bocas de incendios tienen una marca de nivel de suelo y deben pedirse para la profundidad adecuada de la cubierta de la tubería de manera que las boquillas de las mangueras y de las autobombas estén a la altura correcta. La línea de conexión a la cañería de suministro no debe tener menos de 6 pulgadas de diámetro. Consulte el manual M-17 de la AWWA para obtener información sobre la instalación adecuada de las bocas de incendios.

4.8 Drenaje de las bocas de incendios: en las áreas donde las temperaturas de invierno provocan la congelación de los cuerpos de las bocas de incendios si no se drenan, se deberán excavar pozos de 2 pies x 2 pies x 2 pies por debajo de las bocas de incendios. Los pozos se deberán llenar con grava gruesa o piedra molida mezclada con arena hasta una profundidad de 6 pulgadas por encima de las aberturas de las bocas de incendios, proporcionando suficiente espacio vacío para más del volumen de los barriles. Los pozos de drenaje no deben estar cerca ni conectados a los alcantarillados. Cuando los tubos principales de las bocas de incendios deban revestirse con polietileno, se deberá aplicar cinta en la circunferencia por encima y por debajo de los orificios de drenaje en la tubería de la boca de incendios y retirar la película para permitir que el barril drene.

4.9 Anclaje de las bocas de incendios: se utilizan numerosos métodos para anclar bocas de incendios, que incluyen bloques de empuje, tirantes y conexiones o juntas especiales restringidas. Si se utilizan bloques de empuje, la boca de incendio debe apoyarse en una plataforma de concreto y el bloque de empuje debe verterse en suelo sin alterar. *Precaución: asegúrese de que el puerto de drenaje de la boca de incendio no esté obstruido* y pueda drenar libremente la boca de incendio, incluso cuando la tubería está revestida en polietileno. Además, el bloque de empuje debe estar diseñado para restringir el empuje creado por la presión del sistema además del golpe de ariete o la prueba de presión, lo que sea mayor

Si se instalan tirantes, deberán estar conectados desde la boca de incendios hasta la cañería de distribución, no hasta la cañería de alimentación ni hasta la válvula de la boca de incendios. Estos tirantes deben estar revestidos con pintura protectora o alquitrán para retardar la corrosión. Las conexiones restringidas de las bocas de incendios se tratan en la sección titulada “Juntas restringidas”.

A fin de evitar los golpes de ariete, las bocas de incendios deben cerrarse muy lentamente, especialmente durante los últimos giros al cerrarlas por completo.

Capítulo 5
Restricción de los empujes

5.1 Fuerzas de empuje: las fuerzas de empuje se generan en las cañerías de agua cuando la tubería cambia de dirección (en curvas y tes), en los topes (extremos muertos y válvulas cerradas) o en cambios de tamaño (reductores). A fin de mantener la tubería intacta, existen diversos métodos de restricción disponibles, que incluyen bloques de empuje, juntas restringidas y tirantes. El empuje a restringir se señala en la tabla siguiente.

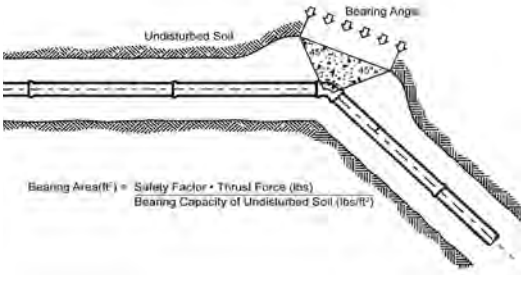
Tabla 7
Empuje resultante en las conexiones a una presión de agua de 100 psi

Total libras					
Diámetro nominal del tubo (pulgadas)	Extremo muerto	Curva a 90º	Curva a 45º	Curva a 22.5º	Curva a 11.25º
3	1,232	1,742	943	481	241
4	1,810	2,559	1,385	706	355
6	3,739	5,288	2,862	1,459	733
8	6,433	9,097	4,923	2,510	1,261
10	9,677	13,685	7,406	3,776	1,897
12	13,685	19,353	10,474	5,340	2,683
14	18,385	26,001	14,072	7,174	3,604
16	23,779	33,628	18,199	9,278	4,661
18	29,865	42,235	22,858	11,653	5,855
20	36,644	51,822	28,046	14,298	7,183
24	52,279	73,934	40,013	20,398	10,249
30	80,425	113,738	61,554	31,380	15,766
36	115,209	162,931	88,177	44,952	22,585
42	155,528	219,950	119,036	60,684	30,489
48	202,683	286,637	155,127	79,083	39,733
54	260,214	367,999	199,160	101,531	51,011
60	298,121	421,606	228,172	116,321	58,422
64	338,707	479,004	259,235	132,157	66,398

Nota de la tabla 7: a fin de determinar el empuje a presiones distintas de 100 psi, multiplique el empuje obtenido en la tabla por la relación de la presión a 100.
Por ejemplo, el empuje sobre una curva a 90° de 12 pulgadas a 125 psi es de 19,353 x 125/100 = 24,191 libras.

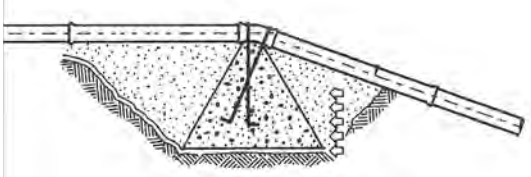
5.2 Bloques de empuje: si bien los bloques de empuje generalmente están hechos de concreto, en ocasiones se usa madera dura o piedras. El concreto debe ser de buena calidad dado que transmite la fuerza de empuje desde la conexión hasta el suelo sin alterar.

Bloque de empuje de soporte



Al construir bloques de empuje, se debe garantizar un fácil acceso a la junta, incluidos los pernos. Además, en ocasiones se puede colocar una lámina de polietileno entre la conexión y el bloque para ayudar al posterior retiro. Si bien el ingeniero suele especificar la mezcla de concreto para los bloques de empuje, la resistencia a la compresión a los 28 días debe ser de 2,000 psi como mínimo y el tiempo mínimo de curado debe ser de cinco días. Al instalar bloques de empuje, las dimensiones se deben respetar estrictamente según han sido diseñadas para la presión de agua específica y las condiciones externas del suelo. En las conexiones, los bloques de empuje se ubican hacia donde se dirige la fuerza resultante del empuje. Las ilustraciones muestran los típicos bloques de empuje de soporte y de gravedad.

Bloque de empuje de gravedad



$$\text{Gravity Block Size (ft}^3\text{)} = \frac{\text{Safety Factor} \cdot \text{Thrust Force (lb)}}{\text{Density of Block Material (lb/ft}^2\text{)}}$$

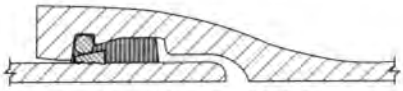
Las siguientes capacidades de carga de suelos para profundidades de 4 pies que se usan a menudo solo se presentan como guía.* El ingeniero deberá seleccionar los valores de carga para cada tipo de suelo y profundidad de cubierta que encuentre en el proyecto de tubería específico. Deberán aplicarse factores de seguridad adecuados para cubrir los cambios futuros en la profundidad de la tubería, las capacidades de carga del suelo y otros factores.

Tabla 8
Capacidades de carga del suelo

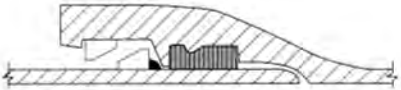
Suelo	Capacidad de carga (lb/pie cuadrado)
Fango	0
Arcilla suave	1,000
Limo	1,500
Limo arenoso	3,000
Arena	4,000
Arcilla arenosa	6,000
Arcilla dura	9,000

**La DIPRA no puede asumir la responsabilidad por la precisión de los datos de esta tabla debido a la amplia variación de las capacidades de soporte de carga de cada tipo de suelo.*

5.3 Juntas restringidas: las juntas espiga-campana restringidas y las juntas mecánicas restringidas se utilizan para resistir las fuerzas de empuje como una alternativa a los bloques de empuje o donde falta espacio debido a otros servicios públicos y estructuras y donde existe la posibilidad de que el suelo detrás de una conexión esté alterado. Estas juntas especiales se instalan de manera rápida y sencilla. Para obtener detalles sobre las distintas juntas restringidas, visite los sitios web de nuestras compañías miembro.

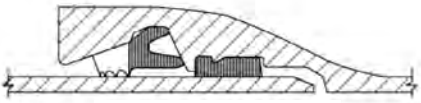


Fast-Grip® Gasket (4"-30")

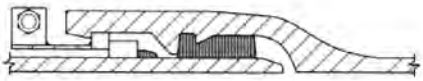


Flex-Ring® (4"-12")

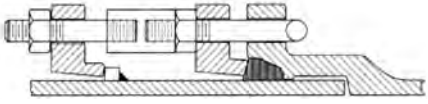
Flex-Ring® (14"-54")



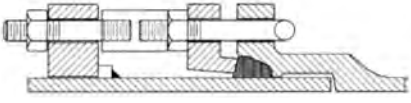
Field Flex-Ring® (14"-36")



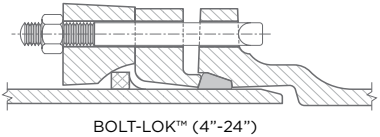
Lok-Ring® (60"-64")



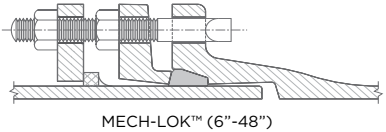
MJ Coupled Joint (6”-24”)



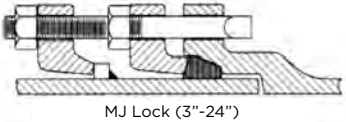
MJ Coupled Joint (30”-48”)



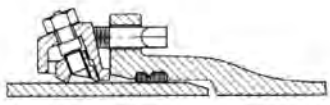
BOLT-LOK™ (4”-24”)



MECH-LOK™ (6”-48”)

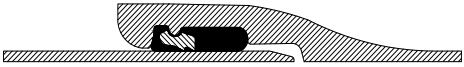


MJ Lock (3”-24”)

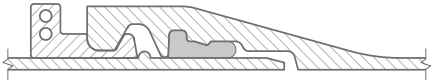


Wedge Action Restrainer for Tyton Joint® (6”-24”)

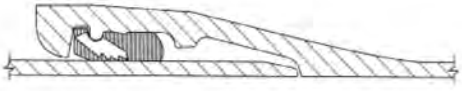
FIELD LOK 350® Gasket (4”-12”)



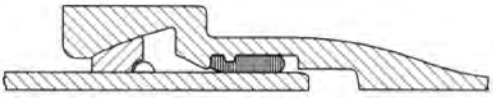
Sure Stop 350® Gasket (3”-24”)



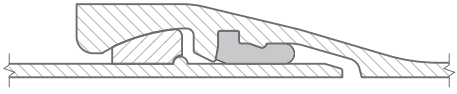
HP LOK® (30”-64”)



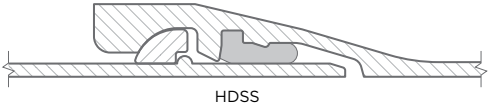
FIELD LOK 350® Gasket (14”-24”)



TR FLEX® (4”-24”)



TR FLEX® (30"-36")



HDSS

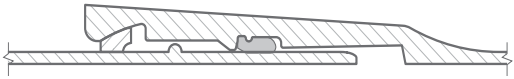
El método habitual de restricción de empuje es utilizar estas juntas especiales en la conexión y para un número predeterminado de tramos de tubos a cada lado a menos que, desde luego, la instalación completa esté restringida.

Si desea obtener información más detallada sobre la determinación de los tramos de tubos a restringir, consulte la edición más reciente de la publicación de la DIPRA, Diseño de las restricciones de empuje para tubos de hierro dúctil. La DIPRA también ha desarrollado un programa informático con el mismo nombre.

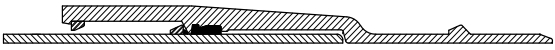
5.4 Tirantes: los tirantes se utilizan para restringir las fuerzas de empuje de muchas maneras, ya sea por sí solos o con otros métodos. El número y el tamaño de los tirantes están limitados por la rentabilidad y la practicidad. En el caso de las juntas mecánicas, los tirantes pueden enroscarse a través de los orificios de los pernos en la brida y fijarse con tuercas unidas a los tirantes mediante espaciadores. Al igual que con el uso de las juntas especiales restringidas, es posible que deba restringir más de un tramo de tubo a cada lado de la conexión.

Nota: Se deberá considerar la protección contra la corrosión de los sistemas de tirantes, y los tirantes de acero a menudo se deben proporcionar con un revestimiento protector en el campo.

5.5 Juntas sísmicas: las juntas sísmicas han sido diseñadas para ajustarse a grandes movimientos de tierra asociados con eventos sísmicos. Estas juntas permiten una mayor deflexión y expansión/contracción en comparación con las juntas restringidas convencionales. Dado que se desconoce si el movimiento de la tubería expandirá o contraerá una junta sísmica, estas juntas especiales deben ensamblarse de manera que permitan cualquier tipo de movimiento. Al igual que con las juntas restringidas convencionales, si desea obtener detalles sobre su ensamblaje, visite cada uno de los sitios web de las compañías miembro de la DIPRA.



TR-XTREME™ (4”-16”)



EQ Coupling

Seismic Flex Coupling™ (4”-36”)

Capítulo 6
Relleno

6.1 Relleno: el relleno es una de las fases más importantes en la construcción de la cañería de agua y no puede dejar de destacarse que se debe prestar cuidadosa atención a su ejecución adecuada. El propósito del relleno consiste no solo en rellenar la zanja, sino también en proteger la tubería y proporcionar apoyo a lo largo y debajo de la misma. (Véase la Sección 3.1 Condiciones estándar de tendido.)

El material de relleno debe ser de buena calidad y no debe tener cenizas, material congelado, desechos, canto rodado o material orgánico. El suelo que contenga piedras de hasta 8 pulgadas en su mayor dimensión se podrá utilizar a partir de un pie por encima de la parte superior del tubo hasta la superficie o el subrasante del pavimento.

6.2 Relleno debajo de las calles:
las autoridades locales suelen exigir que el relleno debajo de las calles esté compactado hasta el subrasante de la calle. El suelo suele compactarse en niveles de 6 a 12 pulgadas utilizando compactadores mecánicos. Muchas ciudades requieren que toda la zanja sea rellenada con un relleno compactado, como arena, grava o un tamizado de piedra caliza. Si bien la compactación por debajo y hasta la parte superior de la tubería beneficia a la cañería de agua, todo apisonamiento por encima de esta altura deberá soportar el pavimento nuevo. Cuando se utilice hormigón de limpieza, se recomienda revestir el tubo en polietileno. También se advierte que el hormigón de limpieza no deberá colocarse directamente en contacto con el tubo revestido, sino que deberán colocarse 12 pulgadas de relleno por encima del tubo antes de instalar el hormigón de limpieza.

Por lo general, el pavimento se corta 6 pulgadas más ancho que la zanja a cada lado para permitir un cimiento firme cuando sea reemplazado. Se aconseja la comunicación con las autoridades locales puesto que los requisitos varían de ciudad a ciudad.

6.3 Relleno en áreas no pavimentadas: es posible que los bulevares y otras áreas no pavimentadas no necesiten compactación, dependiendo de la condición de la zanja. Para lograr la compactación necesaria, se puede usar el chorro de agua a alta presión o la inundación de la zanja.

6.4 Relleno en áreas con juntas restringidas: el relleno en las áreas con juntas restringidas deberá estar bien compactado para permitir el desarrollo de la resistencia por la presión pasiva del suelo y así restringir el posible movimiento de la tubería.

6.5 Relleno congelado: no se deberá colocar relleno congelado en la zanja. La porción congelada del suelo se deberá extraer y solo se colocará el material descongelado. Si todo el suelo está congelado, entonces se deberá rellenar con material granular clasificado.

6.6 Limpieza y reemplazo del pavimento: una vez que se haya completado el trabajo, todos los tramos de tubos, las conexiones adicionales, las herramientas y los materiales relacionados, incluso los residuos y el sobrante de material de despojo, deberán retirarse de la calle o del derecho de paso. Todas las aceras y los pavimentos sanos deberán limpiarse y el césped, los arbustos, los árboles y otras plantas deberán resembrarse y reemplazarse.

El pavimento dañado y retirado deberá reemplazarse según las especificaciones y las normas locales.

Capítulo 7
Lavado, prueba y desinfección

7.1 Lavado: el material extraño que queda en la tubería durante la instalación a menudo ocasiona fugas en las válvulas o en los asientos de las bocas de incendios durante las pruebas de presión. Se deberá hacer todo lo posible por mantener las líneas limpias durante la instalación. Se recomienda realizar un lavado minucioso antes de hacer la prueba de presión. El lavado se realizará abriendo y cerrando parcialmente las válvulas y las bocas de incendios varias veces bajo la presión de línea esperada con velocidades de flujo adecuadas para quitar el material extraño de las válvulas y las bocas de incendios. La tabla 9 detalla cuál es el flujo y las aperturas que se requieren para lavar tuberías a fin de obtener una velocidad de 3 pies por segundo.

El uso del lavado a presión para limpiar el diámetro interior de las tuberías de hierro revestidas en mortero de cemento se deberá realizar con precaución, siguiendo las recomendaciones de la DIPRA o del fabricante de los tubos. Una limpieza excesivamente abrasiva ocasionará daños al revestimiento del sellado o al revestimiento de mortero de cemento. La agresividad del lavado a presión depende de la presión del agua, la velocidad de desplazamiento, los chorros de agua, el ángulo del chorro de agua con respecto al revestimiento, la distancia de los chorros de agua al revestimiento, el diámetro del tubo, el tipo aplicación del revestimiento, etc. El lavado a presión se realiza a riesgo exclusivo del operador del equipo.

Tabla 9

Caudales y aberturas requeridos (tomas o bocas de incendios) para lavar tuberías a 3.0 pies/s (0.91 m/s) (Presión residual de 40-psi [276 kPa] en la cañería de agua)*††

Diámetro del tubo		Caudal necesario para producir 3.0 pies/s (aprox.) Velocidad en la cañería		Tamaño de la toma pulg. (mm) Número de tomas en el tubo†			Número de salidas de bocas de incendios pulg. (mm)	
pulg.	mm	gpm	L/s	1 (25)	1-1/2 (38)	2 (51)	2-1/2 (64)	4-1/2 (114)
4	100	120	7.4	1	–	–	1	1
6	150	260	16.7	–	1	–	1	1
8	200	470	29.7	–	2	-	1	1
10	250	730	46.3	–	3	2	1	1
12	300	1,060	66.7	–	–	3	2	1
16	400	1,880	118.6	–	–	5	2	1

**Con una presión de 40-psi (276 kPa) en la cañería con la boca de incendios fluyendo a la atmósfera, una salida de boca de incendios de 2-l / 2-pulgadas (64 mm) descargará aproximadamente 1,000 gpm. (63.1 L/s); y una salida de bocas de incendios de 4-l / 2-pulgadas (114-mm) descargará aproximadamente 2,500 gpm (160 L/s).*

†Número de tomas en la tubería basadas en una descarga de 3.0 pies/s a través de un tubo de 5 pies (1.5 m) de hierro galvanizado (GI, por sus siglas en inglés) con un codo de 90˚.

††Tabla extraída de la norma ANSI/AWWA C651-14.

Tabla 10

Tolerancia de la prueba hidrostática por 1000 pies de tubo* - gph

Promedio de prueba de presión (psi)	Diámetro nominal del tubo (pulgadas)																	Promedio de prueba de presión (psi)
	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42	48	54	60	64	
450	.43	.57	.86	1.15	1.43	1.72	2.01	2.29	2.58	2.87	3.44	4.30	5.16	6.02	6.88	7.74	8.60	9.17	450
400	.41	.54	.81	1.08	1.35	1.62	1.89	2.16	2.43	2.70	3.24	4.05	4.86	5.68	6.49	7.30	8.11	8.65	400
350	.38	.51	.76	1.01	1.26	1.52	1.77	2.02	2.28	2.53	3.03	3.79	4.55	5.31	6.07	6.83	7.58	8.09	350
300	.35	.47	.70	.94	1.17	1.40	1.64	1.87	2.11	2.34	2.81	3.51	4.21	4.92	5.62	6.32	7.02	7.49	300
275	.34	.45	.67	.90	1.12	1.34	1.57	1.79	2.02	2.24	2.69	3.36	4.03	4.71	5.38	6.05	6.72	7.17	275
250	.32	.43	.64	.85	1.07	1.28	1.50	1.71	1.92	2.14	2.56	3.21	3.85	4.49	5.13	5.77	6.41	6.84	250
225	.30	.41	.61	.81	1.01	1.22	1.42	1.62	1.82	2.03	2.43	3.04	3.65	4.26	4.86	5.47	6.08	6.49	225
200	.29	.38	.57	.76	.96	1.15	1.34	1.53	1.72	1.91	2.29	2.87	3.44	4.01	4.59	5.16	5.73	6.12	200
175	.27	.36	.54	.72	.89	1.07	1.25	1.43	1.61	1.79	2.15	2.68	3.22	3.75	4.29	4.83	5.36	5.72	175
150	.25	.33	.50	.66	.83	.99	1.16	1.32	1.49	1.66	1.99	2.48	2.98	3.48	3.97	4.47	4.97	5.30	150
125	.23	.30	.45	.60	.76	.91	1.06	1.21	1.36	1.51	1.81	2.27	2.72	3.17	3.63	4.08	4.53	4.83	125
100	.20	.27	.41	.54	.68	.81	.95	1.08	1.22	1.35	1.62	2.03	2.43	2.84	3.24	3.65	4.05	4.32	100

**Si la tubería a prueba posee secciones de distintos tamaños, la tolerancia de la prueba será la suma de la tolerancia calculada para cada tamaño.*

7.2 Prueba de presión hidrostática: normalmente, las tuberías recién instaladas son sometidas a una prueba de presión para confirmar la instalación adecuada de las juntas y las conexiones. Cuando la tubería nueva se llena por primera vez, se realiza un cálculo del volumen de agua de reposición de acuerdo al tamaño y la longitud del tubo a prueba. El agua de reposición no es una medida de las fugas admisibles. Considera la absorción del agua por el revestimiento y la extensión (alargamiento) de las juntas de la tubería debido a las fuerzas de empuje que ocurren cuando la tubería se presuriza por primera vez.

La prueba de presión normalmente se realiza después del relleno. Cuando condiciones inusuales requieran que la prueba de presión se lleve a cabo antes del rellenado o con acceso a las juntas de las tuberías para poder examinarlas, se deberá colocar relleno suficiente sobre el barril del tubo entre las juntas para evitar el movimiento y se deberá tener en cuenta la restricción de las fuerzas de empuje durante la prueba. En particular, los sistemas de juntas restringidas, que derivan su estabilidad de la interacción entre el tubo y el suelo, deben rellenarse antes de la prueba. La empresa de servicios públicos o el ingeniero consultor deberán estipular la presión de prueba en las especificaciones. Se recomienda que la presión de prueba sea por lo menos 1.5 veces la presión de trabajo establecida en la elevación más baja de la sección de prueba para una duración de dos horas. La tubería debe llenarse lentamente y se deberá tener la precaución de purgar todos los puntos altos y expulsar el aire. Los respiraderos deben permanecer abiertos hasta que el agua fluya desde allí de manera constante.

Además, las conexiones y las bocas de incendios deben estar debidamente ancladas y todas las válvulas completamente cerradas antes de aplicar la presión de prueba. Cuando se utilice una válvula para cerrar una sección de la prueba, la presión nominal de la válvula no deberá excederse.

Una vez que se haya expulsado el aire de la tubería y que la(s) válvula(s) que segrega(n) la parte del sistema a prueba se haya(n) cerrado, se aplicará presión con una bomba manual o con una bomba propulsada a gasolina o, para las líneas grandes, con un equipo de bombeo del departamento de bomberos. Una vez que la cañería se haya llevado a la presión de prueba, esta deberá mantenerse durante dos horas como mínimo y el agua de reposición se medirá con un medidor de desplazamiento o bombeando el agua desde un recipiente de volumen conocido.

Durante la prueba, todas las tuberías, accesorios, válvulas, bocas de incendios o juntas expuestas deben inspeccionarse cuidadosamente. Si durante la prueba se detectan tubos, conexiones, válvulas o bocas de incendios dañados o defectuosos, estos deberán ser reparados o reemplazados con materiales en buen estado y la prueba deberá repetirse hasta que sea satisfactoria para el propietario. La Tabla 10 detalla la tolerancia de la prueba hidrostática.

Si se han utilizado pilares de bloqueo o de concreto detrás de las conexiones, el concreto deberá curarse lo suficiente antes de llevar a cabo las pruebas hidrostáticas.

Si las pruebas se realizan diariamente al final del turno de trabajo, deberá colocarse un tapón temporal en la campana y la tubería deberá restringirse contra el empuje creado por la presión de la prueba. No dependa del peso de algunos tramos de tubos para evitar que las juntas se separen.

7.3 Desinfección: todos los sistemas de agua nuevos, o las extensiones de los sistemas existentes, deben desinfectarse en conformidad con la norma ANSI/AWWA C651 antes de ser puestos en servicio.

La desinfección de las cañerías solo deberá ser realizada por cuadrillas que hayan tenido experiencia en el uso de cloro u otros agentes desinfectantes. Las cuadrillas responsables de la reparación de las cañerías deben conocer los riesgos potenciales para la salud y deben estar capacitados en las prácticas de construcción y los procedimientos de desinfección prescritos.

Los tres métodos de desinfección más comúnmente utilizados son el método de la pastilla, el método de alimentación continua y el método de dosis concentrada. Las formas de cloro que pueden utilizarse en las operaciones de desinfección son el cloro líquido (gas a presión atmosférica), la solución de hipoclorito de sodio y los gránulos o las pastillas de hipoclorito de calcio.

El método de la pastilla es conveniente para el uso en cañerías de diámetro más pequeño, pero solo se puede usar si la cañería se puede mantener limpia y seca durante la construcción. Este método aporta una dosis promedio de cloro de aproximadamente 25 mg/L. El procedimiento consiste en colocar gránulos y pastillas de hipoclorito de calcio en la cañería de agua a medida que se instala y llenarla con agua potable al terminar la instalación.

Los gránulos deben colocarse en el extremo aguas arriba del primer tubo, en el extremo aguas arriba de cada cañería de derivación y a intervalos de 500 pies. La cantidad de gránulos debe ser la que se indica en la Tabla 11.

Las pastillas (hipoclorito de calcio de 5 gramos) deben fijarse en la parte superior de la junta al comienzo de cada sección de tubo con un adhesivo apto para alimentos. La cantidad de pastillas que se requiere para los distintos tamaños de tubos se muestra en la Tabla.

12. Además, debe colocarse una pastilla en cada boca de incendio, derivación de boca de incendio y demás accesorios.

Tabla 11

Peso de los gránulos de hipoclorito de calcio que se colocarán al inicio de la cañería y a intervalos de cada 500 pies (150 m)*

Diámetro del tubo *(d)*		Gránulos de hipoclorito de calcio	
pulgadas	mm	onzas	gramos
4	100	1.7	48
6	150	3.8	108
8	200	6.7	190
10	250	10.5	298
12	300	15.1	428
14 y superior	350 y superior	D^2 x 15.1	D^2 x 428

Donde D es el diámetro interior del tubo en pies, D = d/12
**Tabla extraída de la norma ANSI/AWWA C651-14.*

Tabla 12

Número de pastillas de hipoclorito de calcio de 5 gramos necesario para una dosis de 25 mg/L* †

Diámetro del tubo (pulgadas)	Longitud del tramo de la tubería (pies)				
	13 o menos	18	20	30	40
4	1	1	1	1	1
6	1	1	1	2	2
8	1	2	2	3	4
10	2	3	3	4	5
12	3	4	4	6	7
16	4	6	7	10	13

** Basado en 3.25 gramos de cloro disponible por pastilla; Cualquier porción se redondea al número entero más alto.*
†Tabla extraída de la norma ANSI/AWWA C651-14.

Una vez completada la instalación de los gránulos y las pastillas, la cañería se llenará con agua de manera que el agua en la cañería fluya a una velocidad no mayor que 1 pie/s. Luego el agua se deja en la tubería durante 24 horas como mínimo antes de descargarla (48 horas si la temperatura del agua es inferior a 41°F).

El método de alimentación continua es adecuado para aplicaciones generales. Este método consiste en llenar la cañería para eliminar las bolsas de aire y luego hacer una descarga para eliminar el material particulado. En el caso de las cañerías de diámetros grandes (24 pulgadas o más), una alternativa a la descarga es barrer la cañería, limpiarla cuidadosamente y eliminar todo el material barrido antes de proceder a la cloración. También se recomienda colocar gránulos de hipoclorito de calcio tal como se describe arriba como parte del método de alimentación continua. Esto proporcionaría una gran concentración de cloro en el primer flujo de agua de descarga. Luego se introduce agua a una tasa constante en la cañería, de manera que el agua tenga

no menos de 25 mg/L de cloro libre. La Tabla 13 indica la cantidad de cloro requerida por cada 100 pies de tuberías de distintos diámetros. La aplicación de cloro no debe cesar hasta que toda la cañería esté llena de agua clorada. Luego el cloro se debe retener durante 24 horas como mínimo, momento en que el cloro residual no deberá ser menor que 10 mg/L.

Tabla 13

Cloro necesario para producir una concentración de 25 mg/L en 100 pies de tubería-por diámetro†

Diámetro del tubo (pulgadas)	Cloro al 100 por ciento (lb)	Cloro al 1 por ciento Solución de cloro (galones)
4	0.013	0.16
6	0.030	0.36
8	0.054	0.65
10	0.085	1.02
12	0.120	1.44
16	0.217	2.60

†Tabla extraída de la norma ANSI/AWWA C651-14.

El método de dosis concentrada es adecuado para el uso en cañerías de gran diámetro donde el volumen de agua hace que el método de alimentación continua sea poco práctico. El método de dosis concentrada consiste en colocar gránulos de hipoclorito de calcio tal como se describe anteriormente, llenar la cañería para eliminar las bolsas de aire y hacer una descarga para eliminar el material particulado. En el caso de las cañerías de diámetros grandes (24 pulgadas o más), una alternativa a la descarga es barrer la cañería, limpiarla cuidadosamente y eliminar todo el material barrido antes de proceder a la cloración. Luego se introduce una dosis de agua a flujo lento, clorada

hasta alcanzar al menos 100 mg/L de cloro libre. Esta tasa de flujo lento garantizará que todas las partes de la cañería queden expuestas al agua con alta concentración de cloro durante 3 horas como mínimo. Si en algún momento el cloro libre residual cae por debajo de los 50 mg/L, el flujo debe detenerse y el procedimiento se debe reiniciar en ese punto, para restaurar el cloro libre a no menos de 100 mg/L.

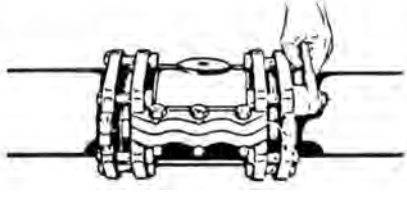
Después de la cloración, la cañería se debe enjuagar tan pronto como sea posible (dentro de las 24 horas) puesto que la exposición a altas concentraciones de cloro puede dañar el revestimiento de sellado.

Se deben adoptar precauciones a fin de asegurar que la descarga clorada no provoque daños al medioambiente. Si la descarga clorada ocasiona daños al medioambiente se deberá aplicar una sustancia química neutralizante. La norma ANSI/AWWA C655 brinda información sobre sustancias químicas neutralizantes. Si es necesario, se deberá contactar a las agencias federales, estatales, provinciales y locales a fin de determinar las disposiciones específicas para desechar el agua altamente clorada.

Después del enjuague final, se deben llevar a cabo pruebas bacteriológicas en conformidad con las reglamentaciones locales y estatales para garantizar que no haya organismos coliformes. Para obtener información detallada, consulte la norma para la desinfección de cañerías de agua ANSI/AWWA C651.

7.4 Reparación de tubos: para reparar tubos se utilizan muchos dispositivos y materiales. Los orificios comúnmente se reparan utilizando mangas partidas con juntas mecánicas o abrazaderas de reparación atornilladas que rodeen el tubo. Para la reparación de juntas con fugas, existen mangas especiales similares a las mangas partidas con juntas mecánicas, dispositivos de sellado interior de las juntas y abrazaderas especiales para campanas. Se deberá mantener un inventario de materiales de reparación para cada tamaño de tubo del sistema a fin de asegurar una reparación rápida y mínimas molestias para los clientes.

Los procedimientos adecuados de limpieza y desinfección son extremadamente importantes en la reparación de roturas de tuberías de agua potable. Los procedimientos para desinfección se encuentran en la norma ANSI/AWWA C651.



Nota: Al desinfectar cañerías de agua después de haber realizado reparaciones, se debe tener la precaución de que no ingrese una alta concentración de cloro a las líneas de servicio de los clientes.

Capítulo 8
Tomas de servicio

8.1 Tomas: las tomas de servicio se hacen fácilmente antes o después de la instalación de los tubos de hierro dúctil. De acuerdo con la clasificación de presión mínima de todos los diámetros de tubos de hierro dúctil se pueden hacer perforaciones para servicios de 3/4 de pulgada. Además, se acuerdo con la clasificación de presión mínima de tubos de hierro dúctil de 6 pulgadas o más se pueden hacer perforaciones para servicios de 1 pulgada. Por lo general, los servicios están ubicados a las diez o a las dos en punto en la circunferencia del tubo y se pueden atornillar directamente en la tubería perforada y roscada.

Se pueden utilizar llaves de tomas estándar en todas las clases de presión de los tubos de hierro dúctil. También se pueden utilizar llaves de tomas con juntas de compresión. Si las tomas son para respiraderos o conexiones de pitómetros, estas deberán colocarse en la parte superior del tubo. Se deberá dejar un espacio para cualquier posible movimiento de la cañería o de la tubería del servicio haciendo una media vuelta en la toma de la tubería de servicio y compactando firmemente el relleno debajo de dicha vuelta. Cuando se necesite más de una toma en un tubo de hierro gris existente para suministrar el caudal requerido por las líneas de servicio, las tomas deberán escalonarse alrededor de la circunferencia a una distancia de 12 pulgadas como mínimo y no deberán perforarse en línea recta. Estas restricciones no se aplican a los tubos de hierro dúctil.

El método preferido y recomendado para hacer tomas de servicio directas en los tubos envueltos en polietileno consiste en aplicar dos o tres envolturas de cinta adhesiva de polietileno alrededor del tubo para cubrir el área donde la se montarán la máquina perforadora y la cadena. Este método minimiza los posibles daños al polietileno durante el procedimiento de perforación directa. Una vez montada la máquina perforadora, la llave de toma se instala directamente a través de la cinta y el polietileno tal como se muestra.

La experiencia ha demostrado que este método es muy eficaz para evitar daños a la envoltura de polietileno ocasionados por la máquina perforadora y la cadena durante la operación de perforación.

Las tomas de servicios también pueden fabricarse en las cañerías existentes de hierro dúctil y de hierro gris envueltas en polietileno haciendo un corte en forma de X en el polietileno y plegando la película temporalmente o perforando el polietileno directamente.

Una vez realizada la toma, se deberán reparar los cortes, las rasgaduras y demás áreas dañadas en la envoltura de polietileno con cinta y película adicional tal como se describe en la norma ANSI/AWWA C105/A21.5.

Si se utilizará una silleta de conexión, se deberá aplicar un método similar al procedimiento anterior. El polietileno deberá suministrarse con varias envolturas de cinta adhesiva alrededor de la circunferencia del tubo. Luego, la cinta y la película deberán retirarse del área donde la empaquetadura de la silleta estará en contacto con la superficie del tubo. Una vez que la silleta haya sido instalada, el ensamblaje podrá revestirse con una nueva película de polietileno que se superponga a ambos lados de la envoltura existente y se fije en su lugar con cinta adhesiva.

La conexión directa de los servicios en cobre a los tubos de hierro gris y hierro dúctil ha sido una práctica común en la industria de las plantas depuradoras. A fin de minimizar la posibilidad de corrosión, las líneas de servicio de metales diferentes y las llaves de toma relacionadas deberán estar envueltas con polietileno o una cinta dieléctrica adecuada a lo largo de una distancia mínima de 3 pies desde la cañería.

Además, la puesta a tierra de los servicios eléctricos domésticos a la línea de servicio de agua fabricada en cobre puede, en raras ocasiones, ocasionar la corrosión por corriente perdida de la cañería de servicio de cobre, de hierro gris o de hierro dúctil. La política de AWWA se opone a la puesta a tierra de sistemas eléctricos en los sistemas de tuberías que transportan agua potable a las instalaciones de un cliente. AWWA además establece que los sistemas de tuberías interiores pueden conectarse al neutro de un servicio eléctrico y a un electrodo de puesta a tierra separada siempre que estos sistemas estén eléctricamente aislados del sistema de tuberías de la empresa de servicio de agua. La DIPRA respalda esta política de AWWA y recomienda a las empresas de servicios de agua que exijan que las líneas de servicios de metales distintos estén eléctricamente aislados de su sistema de tubería.

8.2 Tamaños máximos de las tomas: el tamaño y número máximos de las llaves de toma permisibles para los distintos tamaños de cañerías suelen estar estipulados por los códigos locales, en general por el código de plomería. Los espesores de tubos necesarios para los distintos tamaños de tomas están detallados en las tablas del Capítulo 10 “Información útil”. Dada la alta resistencia del hierro dúctil, el número de roscas es menos crítico que en el caso del material de baja resistencia. Una prueba exhaustiva

ha demostrado que con dos roscas, el factor limitante en la resistencia física de la toma es la resistencia del cuerpo de la llave de toma. Las roscas de hierro dúctil evaluadas no fallaron bajo fuerzas de tensión ni de corte.

Además, de acuerdo con las pruebas de perforación directa, los tamaños de máximos recomendados para las tomas directas, a fin de garantizar una toma hermética en tubos de 3 a 24 pulgadas, se muestran en la Tabla 14. Todos los tipos de tubos con diámetros de 24 pulgadas o más se podrán perforar directamente para hacer llaves de toma de 2 pulgadas. El punto de corte en las llaves de toma con diámetros de 2 pulgadas fue elegido porque la mayoría, si no todas, las máquinas perforadoras utilizadas para perforar tomas directas en cañerías presurizadas están limitadas a un tamaño de toma de 2 pulgadas como máximo.

Dos capas de TFE de 3 milésimas de pulgada aplicadas en las roscas macho de la llave de toma reduce los requisitos de par de torsión de la instalación.

Tabla 14
Tamaño de la toma directa máxima recomendada para tubos de hierro dúctil de 3 a 24 pulgadas

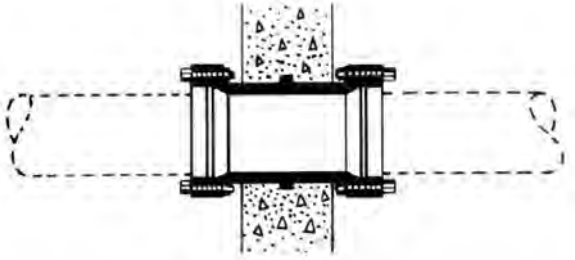
Diámetro del tubo (pulgadas)	Clasificación de presión 150	200	250	300	350
	Tamaño de la toma directa máxima recomendada				
3	–	–	–	–	3/4
4	–	–	–	–	3/4
6	–	–	–	–	1
8	–	–	–	–	1
10	–	–	–	–	1
12	–	–	–	–	1-1/4
14	–	–	1-1/4	1-1/2	1-1/2
16	–	–	1-1/2	2	2
18	–	–	2	2	2
20	–	–	2	2	2
24	–	2	2	2	2

8.3 Conexiones grandes: en el caso de las escuelas, fábricas y otras instalaciones donde se suministran grandes servicios, se utiliza una T, un collar partido o una silla de derivación en el tubo a la que se atornilla una válvula de toma. [Vea MSS SP-60: conexión de junta bridada entre los collares y las válvulas de toma, y MSS SP-111: Collares de toma de hierro gris y hierro dúctil.] Para cortar un disco de la pared del tubo a baja presión se requiere una máquina perforadora especial. Existen collares partidos y sillas de derivación disponibles con los accesorios de juntas mecánicas. Las instrucciones para fabricar una toma con estos accesorios son suministradas tanto por el fabricante de los accesorios como por el fabricante de la máquina perforadora. Estos accesorios están disponibles para la mayoría de los tamaños de tubos. Las máquinas perforadoras se pueden comprar o

alquilar con o sin operador. Antes de ensamblar el equipo, asegúrese de que el diámetro de la herramienta de corte sea menor que el diámetro de la válvula abierta.

Capítulo 9
Instalaciones especiales

9.1 Tubería a través de paredes: deberán utilizarse tubos de pared o mangas de pared en los casos donde las cañerías de agua de hierro dúctil pasen a través de paredes de concreto de bóvedas de medición, fosas grandes de válvulas, u otras paredes a fin de eliminar la conexión rígida entre el tubo y la pared. La manga o el tubo de pared proporcionan flexibilidad para evitar que el tubo quede sujeto a las cargas transversales pesadas.

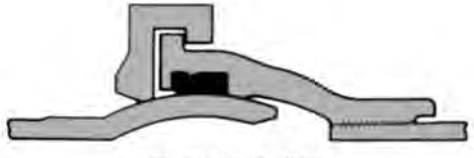


Asimismo, es una buena práctica colocar una junta flexible a una distancia de aproximadamente 18 pulgadas de la cara externa de la pared. El fondo de la zanja debajo de la tubería que conduce a un edificio o a una bóveda deberá estar firmemente apisonada para minimizar el asentamiento debajo de la tubería. Si las condiciones del suelo indican que se producirá un asentamiento significativo, se deberán compactar por lo menos 2 pulgadas de piedra molida para proporcionar un soporte permanente debajo de la tubería. Recuerde que todas las tuberías que ingresan en paredes desde el exterior deben estar protegidas de la acción de flexión en voladizo.

9.2 Tubería subacuática: cuando sea necesario cruzar una masa de agua que solo requiere una pequeña deflexión en las juntas y la restricción de las juntas no sea una consideración, se podrán utilizar

tubos estándar con juntas espiga-campana o con juntas mecánicas. Si el agua es profunda y el ángulo de deflexión de la junta necesario para seguir el contorno del lecho es grande, deberán utilizarse tubos de rótula, con una deflexión de hasta 15˚. Se podrá utilizar una combinación de junta restringida y de rótula dependiendo de las condiciones del fondo y los requisitos del servicio. Para obtener detalles sobre las juntas de rótula disponibles, visite los sitios web de nuestras compañías miembro.

Juntas de rótula



Flex-Lok® (4"-24")

Flex-Lok® (30"-54")

SNAP-Lok™ (6"-24")

Ball and Socket (6"-36")

M-FLEX

USIFLEX® (42"-48")

Existen varios métodos de instalación de tubos de hierro dúctil con juntas de rótula. Se pueden ensamblar en secciones de tres o cuatro tramos, ya sea en tierra o en la cubierta de una barcaza, fijar a un “larguero” y bajar al lecho donde los buzos conectarán las secciones. (Los tubos con juntas de rótula usan juntas con dispositivos de bloqueo positivo). Los tubos con junta de rótula también pueden ensamblarse en una rampa fijada a un lado de la barcaza y bajarse a su posición a medida que el ensamblaje avanza.

Otro método de instalación consiste en ensamblar la tubería en tierra y arrastrarla a su posición a lo largo del fondo. También se puede hacer flotar la tubería hasta su posición adosándole barriles o flotadores, que serán perforados o liberados de manera controlada cuando la tubería alcance la posición deseada.

Un método similar implica ensamblar la tubería en tierra, jalarla sobre patines hasta el agua a medida que se conecta cada tramo y luego adosarle flotadores. La línea se extiende más en el agua a medida que se tiende cada tramo y una vez terminada se sumerge de la manera descrita anteriormente.

Las líneas subacuáticas tendidas en ríos navegables deben colocarse en zanjas y cubrirse para que no sean dañadas o desplazadas por el tráfico de buques o botes. Según corresponda, los procedimientos deberán ajustarse a las correspondientes reglamentaciones gubernamentales. En ningún caso se deberá permitir que las juntas se flexionen demasiado o queden sujetas a una carga transversal excesiva.

9.3 Tuberías en soportes o cruces de puentes: la práctica habitual de instalación de tuberías en soportes consiste en tener un soporte por tramo de tubo colocado detrás de la campana del tubo. En el caso de las instalaciones subterráneas, podrá ser necesario un menor espaciamiento debido a las mayores cargas externas impuestas sobre la tubería. En el caso de las instalaciones sobre el suelo, se debe garantizar un mínimo de estabilidad lateral y vertical en los soportes. Las juntas de tuberías flexionadas pueden dar lugar a fuerzas de empuje de origen hidrostático o hidrodinámico y, si no restringen lateral y verticalmente, las fuerzas desequilibradas pueden ocasionar una deflexión adicional de la junta y la posible falla de la tubería.

La expansión térmica de las tuberías de hierro dúctil apoyadas en el suelo no suele ser una preocupación en el caso de los sistemas correctamente diseñados e instalados debido a la naturaleza de la junta campana-espiga o mecánica. Un cambio de temperatura de 100 grados Fahrenheit provoca una expansión o contracción de aproximadamente 0.15 pulgadas en un tramo de tubería de hierro dúctil de 20 pies. Esto se soluciona fácilmente instalando las tuberías y las juntas de manera correcta. Ocasionalmente, en los casos donde se prevé que las estructuras de las que se suspenden los tubos de hierro dúctil tendrán un comportamiento distinto al de la tubería, podrá ser necesario adoptar consideraciones especiales con respecto a la expansión, la contracción y los soportes.

Nota: Las compañías miembro de la DIPRA poseen juntas especiales que en algunos casos permiten una extensión mayor que el tramo de un tubo

9.4 Aislamiento del tubo: el aislamiento es necesario en climas en los que las cañerías de agua sobre los soportes o con revestimiento pueden congelarse. En algunos servicios también se utiliza el aislamiento para reducir las pérdidas de calor. Existen casos en que puede ser necesario adoptar previsiones para la expansión-compresión y la restricción de los empujes. También podrán requerirse empaquetaduras especiales u otras disposiciones para el servicio a altas temperaturas.

Los materiales de aislamiento pueden estar hechos de fibra de vidrio, vidrio celular, poliestireno expandido, uretano u otros materiales. Las barreras a prueba de agua que cubren el aislamiento suelen estar hechas de cemento de asfalto mástico, fibra de vidrio recubierta con asfalto y aluminio corrugado. El espesor del material aislante deberá calcularse cuidadosamente e instalarse en conformidad con las instrucciones del ingeniero, del fabricante o de la empresa de servicio público. Se deberán colocar mangas metálicas en los soportes alrededor del aislamiento para evitar su aplastamiento.

Nota: El aislamiento no genera calor, sino que simplemente disminuye la tasa de pérdida de calor. Por lo tanto, podrá ser necesario adoptar disposiciones para generar calor a fin de evitar el congelamiento.

Notas

Capítulo 10
Información útil

Normas

ANSI/AWWA C104/A21.4	Revestimiento de mortero de cemento para tubos y accesorios de hierro dúctil
ANSI/AWWA C105/A21.5	Envoltura de polietileno para sistemas de tubos de hierro dúctil
ANSI/AWWA C110/A21.10	Accesorios de hierro dúctil y hierro gris
ANSI/AWWA C111/A21.11	Juntas de empaquetaduras de caucho para tubos y accesorios de hierro dúctil
ANSI/AWWA C115/A21.15	Tubos de hierro dúctil con bridas roscadas de hierro dúctil o hierro gris
ANSI/AWWA C116/A21.16	Recubrimientos protectores unidos por fusión para las superficies interiores y exteriores de los accesorios hierro dúctil y hierro gris

Normas, continuación

ANSI/AWWA C150/A21.50	Diseño del espesor de los tubos de hierro dúctil
ANSI/AWWA C151/A21.51	Tubos de hierro dúctil, fundidos en forma centrífuga
ANSI/AWWA C153/A21.53	Accesorios compactos de hierro dúctil
ANSI/AWWA C600	Instalación de cañerías de agua de hierro dúctil y sus accesorios
ANSI/AWWA C606	Juntas acanaladas y con reborde
ANSI/AWWA C651	Desinfección de cañerías de agua
ASTM A674	Envoltura de polietileno para tubos de hierro dúctil para agua u otros líquidos
ASTM G218	Guía para la protección contra la corrosión externa de los tubos de hierro dúctil que utilizan envolturas de polietileno complementada con protección catódica
ASTM A716	Tubos de hierro dúctil para alcantarillas

ASTM A746	Tubos de hierro dúctil para alcantarillado vertical
MSS SP-60	Conexión de juntas bridadas entre collares de tomas y válvulas de tomas
MSS SP-111	Collares de tomas de hierro gris y hierro dúctil

Instalación de tubos de hierro dúctil para

American National Standards Institute (ANSI)
11 West 42nd Street
Nueva York, Nueva York 10036

American Society for Testing and Materials (ASTM)
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, Pennsylvania 19428

American Society of Mechanical Engineers (ASME)
345 East 47th Street
Nueva York, Nueva York 10017

American Water Works Association (AWWA)
6666 West Quincy Avenue
Denver, Colorado 80235

Manufacturers Standardization Society (MSS)
Valve and Fittings Industry, Inc.
127 Park Street, N.E. Vienna, Virginia 22180

Instalación de tubos de hierro dúctil para aplicaciones especiales

Para obtener recomendaciones especiales acerca de la instalación de tuberías de aire comprimido, tuberías de procesos químicos y otras aplicaciones especiales, comuníquese con las compañías miembro de la DIPRA.

Expansión lineal del tubo de hierro dúctil

El coeficiente de expansión lineal del hierro dúctil puede ser de 6.2 X 10^{-6} pulgadas por pulgada-°F. En la tabla siguiente se muestra la expansión o contracción en pulgadas que tendrá lugar en una línea de una longitud determinada con varios cambios de temperatura:

Tabla 15
Expansión lineal del tubo de hierro dúctil—pulgadas

Diferencia de temperatura	Longitud de la línea (pies)			
(°F)	100	500	1000	5280
5	0.037	0.19	0.37	1.96
10	0.074	0.37	0.74	3.93
20	0.149	0.74	1.48	7.86
30	0.223	1.12	2.23	11.78
40	0.298	1.49	2.98	15.71
50	0.372	1.86	3.72	19.64
60	0.446	2.23	4.46	23.57
70	0.520	2.60	5.20	27.50
80	0.595	2.98	5.95	31.43
90	0.670	3.35	6.70	35.35
100	0.744	3.72	7.44	39.28
120	0.893	4.46	8.93	47.14
150	1.116	5.58	11.16	58.92

Tabla 16
Factores de conversión

Multiply	By	To Obtain
Acres	43,560	Square feet
Acres	4,047	Square meters
Acre-Feet	43,560	Cubic feet
Acre-Feet	325,851	Gallons
Atmospheres	29.92	Inches of mercury
Atmospheres	33.90	Feet of water
Atmospheres	14.70	Pounds/square inch
Bars	14.5	Pounds/square inch
Centimeters	0.3937	Inches
Centimeters	0.01	Meters
Centimeters	10	Millimeters
Cubic feet	1728	Cubic inches
Cubic feet	0.02832	Cubic meters
Cubic feet	0.03704	Cubic yards
Cubic feet	7.48052	Gallons
Cubic feet/minute	0.1247	Gallons/second
Cubic feet/minute	62.4	Pounds of water/minute
Cubic feet/second	0.646317	Million gallons/day
Cubic feet/second	448.831	Gallons/minute
Cubic inches	5.787×10^{-4}	Cubic feet
Cubic inches	2.143×10^{-5}	Cubic yards
Cubic inches	4.329×10^{-3}	Gallons
Cubic yards	27	Cubic feet
Cubic yards	46,656	Cubic inches
Cubic yards	201.974	Gallons

Multiply	By	To Obtain
Feet	0.3048	Meters
Feet of water	0.02950	Atmospheres
Feet of water	0.8826	Inches of mercury
Feet of water	0.4335	Pounds/square inch
Feet/minute	0.01667	Feet/second
Feet/minute	0.01136	Miles/hour
Feet/second	0.6818	Miles/hour
Gallons	0.1337	Cubic feet
Gallons	231	Cubic inches
Gallons water	8.3453	Pounds of water
Gallons/minute	1.440×10^{-3}	Million gallons/day
Gallons/minute	2.228×10^{-3}	Cubic feet/second
Gallons/minute	8.0208	Cubic feet/hour
Gallons water/minute	6.0086	Tons water/24 hours
Grains/U.S. gallon	17.118	Parts/million
Horsepower	42.44	B.T.U./minute
Horsepower	33,000	Foot-pounds/minute
Horsepower	550	Foot-pounds/second
Horsepower	0.7457	Kilowatts
Horsepower (boiler)	33,479	B.T.U./hour
Inches	2.540	Centimeters
Inches of mercury	0.03342	Atmospheres
Inches of mercury	1.133	Feet of water
Inches of mercury	0.4912	Pounds/square inch

Multiply	By	To Obtain
Inches of water	0.002458	Atmospheres
Inches of water	0.03613	Pounds/square inch
Kilometers	0.621	Miles
Miles	5,280	Feet
Miles	1.6093	Kilometers
Miles/hour	88	Feet/minute
Miles/hour	1.467	Feet/second
Milligrams/liter	1	Parts/million
Million gallons/day	1.54723	Cubic feet/second
Million gallons/day	694.444	Gallons/minute
Parts/million	0.0584	Grains/U.S. gallon
Parts/million	8.345	Lbs./million gallon
Pounds	16	Ounces
Pounds	0.0005	Tons (short)
Pounds of water	0.01602	Cubic feet
Pounds of water	27.68	Cubic inches
Pounds of water	0.1198	Gallons
Pounds of water/min.	2.670×10^{-4}	Cubic feet/second
Pounds/cubic foot	5.787×10^{-4}	Pounds/cubic inch
Pounds/square foot	0.01602	Feet of water
Pounds/square foot	6.944×10^{3}	Pounds/square inch
Pounds/square inch	0.06804	Atmospheres
Pounds/square inch	0.06897	Bars
Pounds/square inch	2.307	Feet of water
Pounds/square inch	2.036	Inches of mercury
Pounds/square inch	6.895	Kilopascals

Multiply	By	To Obtain
Quarts	57.75	Cubic inches
Square feet	2.296×10^{5}	Acres
Square feet	144	Square inches
Square feet	3.587×10^{-3}	Square miles
Square inches	6.944×10^{3}	Square feet
Square miles	640	Acres
Square miles	27.88×10^{6}	Square feet
Square miles	3.098×10^{6}	Square yards
Square yards	2.066×10	Acres
Square yards	9	Square feet
Square yards	3.228×10^{7}	Square miles
Temp. (°C) + 273.15	1	Absolute temp. (°K)
Temp. (°C) + 17.78	1.8	Temperature (°F)
Temp. (°F) - 32	5/9	Temperature (°C)
Tons (short)	2,000	Pounds
Tons of water/24 hours	83.333	Pounds water/hour
Tons of water/24 hours	0.16643	Gallons/minute
Tons of water/24 hours	1.3349	Cubic feet/hour
Watts	1.341×10^{3} Horsepower	
Yards	91.44	Centimeters
Yards	3	Feet
Yards	36	Inches
Yards	0.9144	Meters

Notas

Notas

Tabla 17

Dimensiones y pesos estándar de los tubos de hierro dúctil con junta espiga-campana

Tamaño del tubo (pulgadas)	Clasificación de presión	Espesor (pulgada)	Diámetro exterior[1] (pulg.)	Peso del barril por pie (lb)
3	350	.25	3.96	8.9
4	350	.25	4.80	10.9
6	350	.25	6.90	16.0
8	350	.25	9.05	21.1
10	350	.26	11.10	27.1
12	350	.28	13.20	34.8
14	250	.28	15.30	40.4
	300	.30	15.30	43.3
	350	.31	15.30	44.7
16	250	.30	17.40	49.3
	300	.32	17.40	52.5
	350	.34	17.40	55.8
18	250	.31	19.50	57.2
	300	.34	19.50	62.6
	350	.36	19.50	66.2
20	250	.33	21.60	67.5
	300	.36	21.60	73.5
	350	.38	21.60	77.5
24	200	.33	25.80	80.8
	250	.37	25.80	90.5
	300	.40	25.80	97.7
	350	.43	25.80	104.9
30	150	.34	32.00	103.5
	200	.38	32.00	115.5
	250	.42	32.00	127.5
	300	.45	32.00	136.5
	350	.49	32.00	148.4

[1]Tolerancia de diámetro exterior del extremo de espiga: 3-12 pulgadas, + 0.06 pulgadas; 14-24 pulgadas, + 0.05 pulgadas, - 0.08 pulgadas; 30-48 pulgadas, + 0.08 pulgadas, - 0.06 pulgadas; 54-64 pulgadas, + 0.04 pulgadas, - 0.10 pulgadas.
[2]Los pesos de las campanas que se señalan arriba son adecuados para presiones operativas de 350 psi. Los pesos de las campanas varían debido a las diferencias en el diseño

	Longitud de tendido de 18 pies		Longitud de tendido de 20 pies	
Peso de la campana[2] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)
7.0	165	9.3	185	9.2
9.0	205	11.4	225	11.3
11.0	300	16.6	330	16.5
17.0	395	22.0	440	22.0
24.0	510	28.4	565	28.3
29.0	655	36.4	725	36.3
45.0	770	42.9	855	42.7
45.0	825	45.8	910	45.6
45.0	850	47.2	940	47.0
54.0	940	52.3	1040	52.0
54.0	1000	55.5	1105	55.2
54.0	1060	53.8	1170	58.5
59.0	1090	60.5	1205	60.2
59.0	1185	65.9	1310	65.6
59.0	1250	69.5	1385	69.2
74.0	1290	71.6	1425	71.2
74.0	1395	77.6	1545	77.2
74.0	1470	81.6	1625	81.2
95.0	1550	86.1	1710	85.6
95.0	1725	95.8	1905	95.3
95.0	1855	103.0	2050	102.5
95.0	1985	110.2	2195	109.7
139.0	2000	111.2	2210	110.5
139.0	2220	123.2	2450	122.5
139.0	2435	135.2	2690	134.5
139.0	2595	144.2	2870	143.5
139.0	2810	156.1	3105	155.3

de las juntas espiga-campana. El fabricante calculará los pesos de los tubos utilizando los pesos estándar de los barriles y los pesos de las campanas que se están fabricando.
[3]Incluida la campana; el peso del tubo calculado se redondeó a las 5 libras más cercanas.
[4]Incluida la campana; peso promedio por pie basado en el peso del tubo calculado antes del redondeo.

Tabla 17, continuación

Dimensiones y pesos estándar de los tubos de hierro dúctil con junta espiga-campana

Tamaño del tubo (pulgadas)	Clasificación de presión	Espesor (pulgada)	Diámetro exterior1 (pulg.)	Peso del barril por pie (lb)
36	150	.38	38.30	138.5
	200	.42	38.30	152.9
	250	.47	38.30	170.9
	300	.51	38.30	185.3
	350	.56	38.30	203.2
42	150	.41	44.50	173.8
	200	.47	44.50	198.9
	250	.52	44.50	219.9
	300	.57	44.50	240.7
	350	.63	44.50	265.7
48	150	.46	50.80	222.6
	200	.52	50.80	251.3
	250	.58	50.80	280.0
	300	.64	50.80	308.6
	350	.70	50.80	337.1
54	150	.51	57.56	279.7
	200	.58	57.56	317.7
	250	.65	57.56	355.6
	300	.72	57.56	393.4
	350	.79	57.56	431.1
60	150	.54	61.61	317.0
	200	.61	61.61	357.7
	250	.68	61.61	398.3
	300	.76	61.61	444.6
	350	.83	61.61	485.0
64	50	.56	65.67	350.5
	200	.64	65.67	400.1
	250	.72	65.67	449.6
	300	.80	65.67	498.9
	350	.87	65.67	542.0

[1]Tolerancia de diámetro exterior del extremo de espiga: 3-12 pulgadas, + 0.06 pulgadas; 14-24 pulgadas, + 0.05 pulgadas, - 0.08 pulgadas; 30-48 pulgadas, + 0.08 pulgadas, - 0.06 pulgadas; 54-64 pulgadas, + 0.04 pulgadas, - 0.10 pulgadas.
[2]Los pesos de las campanas que se señalan arriba son adecuados para presiones operativas de 350 psi. Los pesos de las campanas varían debido a las diferencias en el diseño

	Longitud de tendido de 18 pies		Longitud de tendido de 20 pies	
Peso de la campana[2] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)
184.0	2675	148.7	2955	147.7
184.0	2935	163.1	3240	162.1
184.0	3260	181.1	3600	180.1
184.0	3520	195.5	3890	194.5
184.0	3840	213.4	4250	212.4
289.0	3415	189.9	3765	188.3
289.0	3870	215.0	4265	213.3
289.0	4245	236.0	4685	234.3
289.0	4620	256.8	5105	255.2
289.0	5070	281.8	5605	280.2
354.0			4805	240.3
354.0			5380	269.0
354.0			5955	297.7
354.0			6525	326.3
354.0			7095	354.8
439.0			6035	301.7
439.0			6795	339.7
439.0			7550	377.5
439.0			8305	415.3
439.0			9060	453.1
588.0			6930	346.4
588.0			7740	387.1
588.0			8555	427.7
588.0			9480	474.0
588.0			10290	514.4
670.0			7680	384.0
670.0			8670	433.6
670.0			9660	483.1
670.0			10650	532.4
670.0			11510	575.5

de las juntas espiga-campana. El fabricante calculará los pesos de los tubos utilizando los pesos estándar de los barriles y los pesos de las campanas que se están fabricando.
[3]Incluida la campana; el peso del tubo calculado se redondeó a las 5 libras más cercanas.
[4]Incluida la campana; peso promedio por pie basado en el peso del tubo calculado antes del redondeo.

Tabla 18
Dimensiones y pesos estándar de los tubos de hierro dúctil con junta mecánica

Tamaño del tubo (pulgadas)	Clasificación de presión	Espesor (pulgada)	Diámetro exterior[1] (pulg.)	Peso del barril por pie (lb)
3	350	.25	3.96	8.9
4	350	.25	4.80	10.9
6	350	.25	6.90	16.0
8	350	.25	9.05	21.1
10	350	.26	11.10	27.1
12	350	.28	13.20	34.8
14	250	.28	15.30	40.4
	300	.30	15.30	43.3
	350	.31	15.30	44.7
16	250	.30	17.40	49.3
	300	.32	17.40	52.5
	350	.34	17.40	55.8
18	250	.31	19.50	57.2
	300	.34	19.50	62.6
	350	.36	19.50	66.2
20	250	.33	21.60	67.5
	300	.36	21.60	73.5
	350	.38	21.60	77.5
24	200	.33	25.80	80.8
	250	.37	25.80	90.5
	300	.40	25.80	97.7
	350	.43	25.80	104.9

[1]Tolerancia de diámetro exterior del extremo de espiga: 3-12 pulgadas, + 0.06 pulgadas; 14-24 pulgadas, + 0.05 pulgadas, - 0.08 pulgadas.
[2]Los pesos de las campanas que se señalan arriba son adecuados para presiones operativas de 350 psi y cumplen las normas ANSI/AWWA C111/A21.11.
Los pesos de las campanas varían debido a las diferencias en

	Longitud de tendido de 18 pies		Longitud de tendido de 20 pies	
Peso de la campana[2] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)	Peso por tramo[3] (lb)	Peso promedio por pie[4] (lb)
9.0	170	9.4	185	9.3
13.0	210	11.6	230	11.6
18.0	305	17.0	340	16.9
24.0	405	22.4	445	22.3
31.0	520	28.8	575	28.7
37.0	665	36.9	735	36.7
61.0	790	43.8	870	43.5
61.0	840	46.7	925	46.3
61.0	865	48.1	955	47.8
74.0	960	53.4	1060	53.0
74.0	1020	56.6	1125	56.2
74.0	1080	59.9	1190	59.5
85.0	1115	61.9	1230	61.5
85.0	1210	67.3	1335	66.8
85.0	1275	70.9	1410	70.5
98.0	1315	73.0	1450	72.4
98.0	1420	78.9	1570	78.4
98.0	1495	83.0	1650	82.4
123.0	1575	87.6	1740	87.0
123.0	1750	97.3	1935	96.7
123.0	1880	104.5	2075	103.8
123.0	2010	111.7	2220	111.1

el diseño de la campana. El fabricante calculará los pesos de los tubos utilizando los pesos estándar de los barriles y los pesos de las campanas que se están fabricando.

[3]Incluida la campana; el peso del tubo calculado se redondeó a las 5 libras más cercanas.

[4]Incluida la campana; peso promedio por pie basado en el peso del tubo calculado antes del redondeo.

Tabla 19

Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves

Según la norma ANSI/ASME B1.20.1 para roscas cónicas estándar de tubos con dos, tres y cuatro roscas completas

Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de roscas	Tamaño de la toma (pulgadas) Espesor del tubo (pulgadas) 1/2	3/4	1	1-1/4
3	2	0.18	0.21	0.28	
3	3	0.26	0.29	0.37	
3	4	0.33	0.36	0.46	
4	2	0.17	0.19	0.26	0.31
4	3	0.25	0.27	0.35	0.40
4	4	0.32	0.34	0.44	0.49
6	2	0.17	0.18	0.23	0.27
6	3	0.25	0.26	0.32	0.36
6	4	0.32	0.33	0.41	0.45
8	2	0.16	0.17	0.22	0.24
8	3	0.24	0.25	0.31	0.33
8	4	0.31	0.32	0.40	0.42
10	2	0.15	0.17	0.21	0.23
10	3	0.23	0.25	0.30	0.32
10	4	0.30	0.32	0.39	0.41
12	2	0.15	0.16	0.20	0.22
12	3	0.23	0.24	0.29	0.31
12	4	0.30	0.31	0.38	0.40
14	2	0.15	0.16	0.20	0.22
14	3	0.23	0.24	0.29	0.31
14	4	0.30	0.31	0.38	0.40
16	2	0.15	0.16	0.20	0.21
16	3	0.23	0.24	0.29	0.30
16	4	0.30	0.31	0.38	0.39
18	2	0.15	0.15	0.19	0.21
18	3	0.23	0.23	0.28	0.30
18	4	0.30	0.30	0.37	0.39
20	2	0.15	0.15	0.19	0.20
20	3	0.23	0.23	0.28	0.29
20	4	0.30	0.30	0.37	0.38

Tamaño de la toma (pulgadas)					
Espesor del tubo (pulgadas)					
1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4
0.30					
0.39					
0.48					
0.27	0.33				
0.36	0.42				
0.45	0.51				
0.25	0.30	0.44			
0.34	0.39	0.56			
0.43	0.48	0.69			
0.24	0.28	0.40	0.48		
0.33	0.37	0.52	0.60		
0.42	0.46	0.65	0.73		
0.23	0.26	0.38	0.45	0.51	0.58
0.32	0.35	0.50	0.58	0.64	0.70
0.41	0.44	0.63	0.70	0.76	0.83
0.22	0.25	0.37	0.43	0.48	0.54
0.31	0.34	0.50	0.56	0.60	0.66
0.40	0.43	0.62	0.68	0.73	0.79
0.22	0.24	0.35	0.41	0.46	0.51
0.31	0.33	0.48	0.54	0.58	0.64
0.40	0.42	0.60	0.66	0.71	0.76
0.21	0.23	0.34	0.39	0.44	0.49
0.30	0.32	0.46	0.52	0.56	0.62
0.39	0.41	0.59	0.64	0.69	0.74

Tabla 19, continuación

Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves

Según la norma ANSI/ASME B1.20.1 para roscas cónicas estándar de tubos con dos, tres y cuatro roscas completas

Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de roscas	Tamaño de la toma (pulgadas) Espesor del tubo (pulgadas) 1/2	3/4	1	1-1/4
24	2	0.14	0.15	0.19	0.20
24	3	0.22	0.23	0.28	0.29
24	4	0.29	0.30	0.37	0.38
30	2	0.14	0.15	0.19	0.19
30	3	0.22	0.23	0.28	0.28
30	4	0.29	0.30	0.37	0.37
36	2	0.14	0.14	0.18	0.19
36	3	0.22	0.22	0.27	0.28
36	4	0.29	0.29	0.36	0.37
42	2	0.14	0.14	0.18	0.19
42	3	0.22	0.22	0.27	0.28
42	4	0.29	0.29	0.36	0.37
48	2	0.14	0.14	0.18	0.18
48	3	0.22	0.22	0.27	0.27
48	4	0.29	0.29	0.36	0.36
54	2	0.15	0.15	0.18	0.19
54	3	0.22	0.22	0.27	0.27
54	4	0.29	0.29	0.36	0.36
60	2	0.15	0.15	0.18	0.19
60	3	0.22	0.22	0.27	0.27
60	4	0.29	0.29	0.35	0.36
64	2	0.15	0.15	0.18	0.18
64	3	0.22	0.22	0.27	0.27
64	4	0.29	0.29	0.35	0.36

Tamaño de la toma (pulgadas)					
Espesor del tubo (pulgadas)					
1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4
0.21	0.22	0.32	0.37	0.40	0.45
0.30	0.31	0.44	0.50	0.52	0.58
0.39	0.40	0.57	0.62	0.65	0.70
0.20	0.21	0.31	0.34	0.37	0.41
0.29	0.30	0.44	0.46	0.50	0.54
0.38	0.39	0.56	0.59	0.62	0.66
0.20	0.21	0.30	0.33	0.35	0.38
0.29	0.30	0.42	0.46	0.48	0.50
0.38	0.39	0.55	0.58	0.60	0.63
0.19	0.20	0.29	0.32	0.34	0.36
0.28	0.29	0.42	0.44	0.46	0.48
0.37	0.38	0.54	0.57	0.59	0.61
0.19	0.20	0.29	0.31	0.32	0.35
0.28	0.29	0.42	0.44	0.44	0.48
0.37	0.38	0.54	0.56	0.57	0.60
0.19	0.20	0.29	0.30	0.32	0.34
0.28	0.29	0.41	0.43	0.44	0.46
0.36	0.37	0.54	0.55	0.57	0.59
0.19	0.20	0.28	0.30	0.31	0.33
0.28	0.28	0.41	0.42	0.44	0.46
0.36	0.37	0.53	0.55	0.56	0.58
0.19	0.20	0.28	0.30	0.31	0.33
0.27	0.28	0.41	0.42	0.44	0.45
0.36	0.37	0.53	0.55	0.56	0.58

Tabla 20

Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves

Según la norma AWWA C800 para roscas de llaves de toma estándar con dos, tres y cuatro roscas completas*

Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de roscas	Tamaño de la toma (pulgadas) Espesor del tubo (pulgadas) 1/2	5/8	3/4
3	2	0.21	0.24	0.25
3	3	0.29	0.32	0.33
3	4	0.36	0.39	0.40
4	2	0.19	0.22	0.23
4	3	0.27	0.30	0.31
4	4	0.34	0.37	0.38
6	2	0.18	0.20	0.20
6	3	0.26	0.28	0.28
6	4	0.33	0.35	0.35
8	2	0.17	0.18	0.19
8	3	0.25	0.26	0.27
8	4	0.32	0.33	0.34
10	2	0.17	0.17	0.18
10	3	0.25	0.25	0.26
10	4	0.32	0.32	0.33
12	2	0.16	0.17	0.17
12	3	0.24	0.25	0.25
12	4	0.31	0.32	0.32
14	2	0.16	0.17	0.17
14	3	0.24	0.25	0.25
14	4	0.31	0.32	0.32
16	2	0.16	0.16	0.17
16	3	0.24	0.24	0.25
16	4	0.31	0.31	0.32
18	2	0.15	0.16	0.16
18	3	0.23	0.24	0.24
18	4	0.30	0.31	0.31
20	2	0.15	0.16	0.16
20	3	0.23	0.24	0.24
20	4	0.30	0.31	0.31
24	2	0.15	0.15	0.16
24	3	0.23	0.23	0.24
24	4	0.30	0.30	0.31
30	2	0.15	0.15	0.16
30	3	0.23	0.23	0.24
30	4	0.30	0.30	0.31

**En la industria, las roscas de llaves de toma se conocen comúnmente como roscas Mueller.*

Tamaño de la toma (pulgadas)			
Espesor del tubo (pulgadas)			
1	1-1/4	1-1/2	2
0.33			
0.41			
0.49			
0.30	0.36		
0.38	0.45		
0.46	0.54		
0.26	0.30	0.35	
0.34	0.39	0.44	
0.42	0.48	0.53	
0.24	0.27	0.31	0.39
0.32	0.36	0.40	0.48
0.40	0.45	0.49	0.57
0.23	0.25	0.28	0.35
0.31	0.34	0.37	0.44
0.39	0.43	0.46	0.53
0.22	0.24	0.26	0.32
0.30	0.33	0.35	0.41
0.38	0.42	0.44	0.50
0.21	0.23	0.25	0.30
0.29	0.32	0.34	0.39
0.37	0.41	0.43	0.48
0.21	0.22	0.24	0.28
0.29	0.31	0.33	0.37
0.37	0.40	0.42	0.46
0.20	0.21	0.23	0.27
0.28	0.30	0.32	0.36
0.36	0.39	0.41	0.45
0.20	0.21	0.23	0.26
0.28	0.30	0.32	0.35
0.36	0.39	0.41	0.44
0.19	0.21	0.22	0.24
0.27	0.30	0.31	0.33
0.35	0.39	0.40	0.42
0.19	0.20	0.21	0.23
0.27	0.29	0.30	0.32
0.35	0.38	0.39	0.41

Tabla 20, continuación

Espesores de tubos requeridos para distintos tamaños de llaves

Según la norma AWWA C800 para roscas de llaves de toma estándar con dos, tres y cuatro roscas completas*

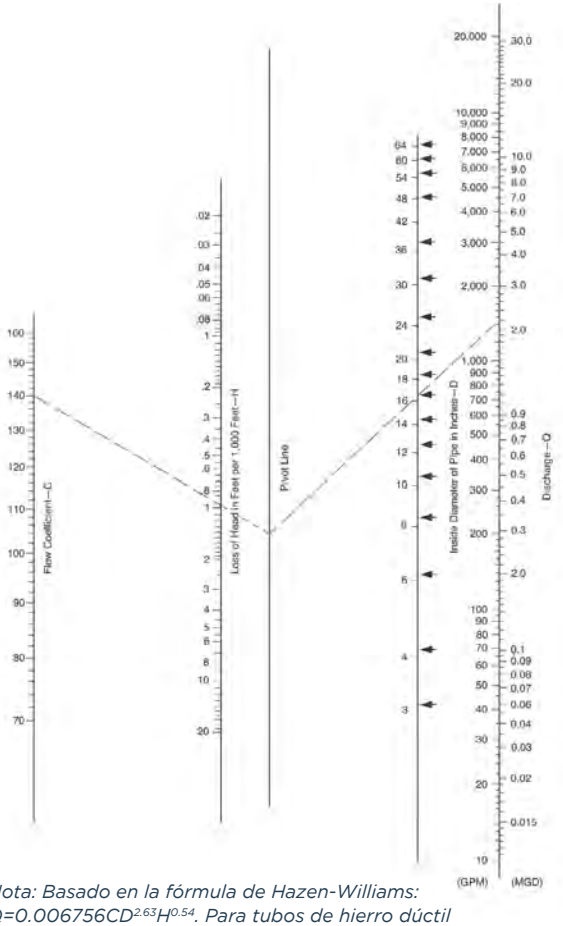
		Tamaño de la toma (pulgadas)		
		Espesor del tubo (pulgadas)		
Tamaño del tubo (pulgadas)	Número de roscas	1/2	5/8	3/4
36	2	0.14	0.15	0.15
36	3	0.22	0.23	0.23
36	4	0.29	0.30	0.30
42	2	0.14	0.14	0.15
42	3	0.22	0.22	0.23
42	4	0.29	0.29	0.30
48	2	0.14	0.14	0.15
48	3	0.22	0.22	0.23
48	4	0.29	0.29	0.30
54	2	0.14	0.14	0.14
54	3	0.22	0.22	0.22
54	4	0.29	0.29	0.29
60	2	0.14	0.14	0.14
60	3	0.22	0.22	0.22
60	4	0.29	0.29	0.29
64	2	0.14	0.14	0.15
64	3	0.22	0.22	0.22
64	4	0.29	0.29	0.29

**En la industria, las roscas de llaves de toma se conocen comúnmente como roscas Mueller.*

Tamaño de la toma (pulgadas)			
Espesor del tubo (pulgadas)			
1	1-1/4	1-1/2	2
0.19	0.20	0.20	0.22
0.27	0.29	0.29	0.31
0.35	0.38	0.38	0.40
0.18	0.19	0.20	0.21
0.26	0.28	0.29	0.30
0.34	0.37	0.38	0.39
0.18	0.18	0.19	0.20
0.26	0.27	0.28	0.29
0.34	0.36	0.37	0.38
0.17	0.18	0.19	0.20
0.25	0.27	0.28	0.29
0.34	0.36	0.36	0.38
0.17	0.18	0.19	0.20
0.25	0.27	0.28	0.29
0.34	0.36	0.36	0.38
0.17	0.18	0.19	0.20
0.25	0.27	0.28	0.29
0.34	0.36	0.36	0.38

Tabla 21

Nomografía del tamaño del tubo, pérdida de carga y descarga para el tubo de hierro dúctil



Nota: Basado en la fórmula de Hazen-Williams: $Q=0.006756CD^{2.63}H^{0.54}$. Para tubos de hierro dúctil revestidos con mortero de cemento, C=140. (→) Se muestran los diámetros interiores reales de tubos de hierro dúctil revestidos con mortero de cemento de la clasificación de presión más baja disponible.

Notas

Índice

A

Accesorios 15
Acoples de transición 57
Agujeros de las campanas 23
Aislamiento 101
Alcantarillas 20
Ancho de
- Ancho 23
- Caja 26
- Excavación 21
- Fondo 22

Ángulo de
- Juntas espiga-campana 56
- Juntas mecánicas 54

Apilamiento de tubos 14
Apuntalamiento 26

B

Bocas de incendios
- Anclaje 69
- Drenaje 68
- Inspección 67
- Instalación 67

C

Campanas
- Dirección 46
- Limpieza 44

Coeficiente de expansión lineal 107
Condiciones de tendido, estándar 42
Corte de tubos 58
Cruces de carreteras 61
Cruces de puentes 100
Cruces de vías férreas 61
Cruces subacuáticos 97

D

Descarga
- Camiones 10
- Vagones 11

Descongelación eléctrica 63

Desinfección
Método de alimentación continua 87
Método de dosis concentrada 88
Método de pastilla 85
Dimensiones
Tubo con junta espiga-campana 114
Tubo con junta mecánica 118
Dispositivos de elevación
Eslingas 13
Ganchos 13
Tenazas para tubos 13

E
Empaquetaduras 15
Empuje
Bloques 71
Fuerzas 70
Entrega en el lugar de la zanja 17
Envíos 9
Envoltura de polietileno 29
Excavación de rocas 24
Expansión lineal 107

F
Factores de conversión 108

I
Inspección 8
Instalaciones especiales
Cruces de puentes 100
Cruces subacuáticos 97
Tubería a través de paredes 97
Tuberías en soportes 100

J
Junta
Bridada 54
Deflexión 54
Espiga-campana 48
Mecánica 51
Restringida 73
Juntas bridadas 54

Juntas espiga-campana 48
Juntas mecánicas 51
Juntas restringidas 73

L
Lavado 80
Lavado a presión 80
Limpieza

M
Manejo del tubo al colocarlo en la zanja 45

N
Normas
  Lista 104
  Organizaciones 106

O
Otros servicios públicos 19

P
Pavimento
  Reemplazo 79
  Retiro 21
Pesos
  Tubo con junta espiga-campana 114
  Tubo con junta mecánica 118
Planificación previa a la construcción 18
Prueba de presión 83
Prueba de presión hidrostática 83
Pruebas
  Presión 83
  Tolerancia de prueba 82
Purgas 67

R
Recubrimientos 14
Relleno 78
Reparación de tubos 90
Respiraderos 67
Revestimiento de mortero de cemento
  Reparación 8

S
Seguridad 26
Servicios de gas 20
Suelo
  Corrosivo 28
  Expansivo 27
Suelo corrosivo 28

T
Tapones para tubos 47
Tirantes 76
Tomas
  Conexiones grandes 95
  Espesor de pared requerido según la norma ANSI/ASME B1.20.1 120
  Espesor de pared requerido según la norma AWWA C800 124
  Tamaño máximo 93
Tuberías en soportes 100
Tubo de revestimiento 61

V
Válvulas
  Inspección 64
  Instalación 64
  Operación 65
  Restricción de empuje 65
V-Bio®
  Envoltura de polietileno mejorado 29
Voladura 25

Z
Zinc metalizado
  Véase Zinc 30

Notas

Notas

Para obtener más información, comuníquese con la DIPRA o cualquiera de sus compañías miembro.

Ductile Iron Pipe Research Association

Una asociación de fabricantes de calidad dedicados a mantener los más altos estándares en materia de tubos a través de un programa de investigación continua y servicio a profesionales del agua y las aguas residuales.

P.O. Box 190306
Birmingham, AL 35219
Tel. 205.402.8700
www.dipra.org

Compañías miembro

AMERICAN Ductile Iron Pipe
P.O. Box 2727
Birmingham, AL 35202-2727
www.american-usa.com

Canada Pipe Company, Ltd.
55 Frid St. Unit #1
Hamilton, Ontario L8P 4M3 Canadá
www.canadapipe.com

McWane Ductile
P.O. Box 6001
Coshocton, Ohio 43812-6001
www.mcwaneductile.com

U.S. Pipe
Two Chase Corporate Drive
Suite 200
Birmingham, AL 35244
www.uspipe.com

Redes sociales

Manténgase al tanto de las novedades sobre tubos de hierro dúctil conectándose con nosotros en Facebook, Twitter, y LinkedIn.

Visite nuestro sitio web, **www.dipra.org** y haga clic en el icono de YouTube para ver videos informativos sobre la facilidad de uso, los beneficios económicos, la resistencia, la durabilidad, las ventajas de los tubos de hierro dúctil sobre el PVC y más.

Copyright © 2021 por Ductile Iron Pipe Research Association
ISBN 978-0-9642194-4-1