



GUIA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ENTERRADAS

ARG





TABLA DE CONTENIDOS

	PAG.		PAG.
1. INFORMACIÓN INTRODUCTORIA	2	6. AJUSTES EN OBRA	22
1.1 Prólogo		6.1 Ajuste de la longitud	
1.2 Sistema suelo-tubería		6.2 Reparaciones en campo con acoples FLOWTITE.	
1.3 Técnico en obra		6.3 Reparaciones en campo con juntas de otros tipos	
1.4 Seguridad			
2. TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	4	7. OTROS PROCEDIMIENTOS Y CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN	24
2.1 Inspección de los tubos		7.1 Zanjas con tubos múltiples	
2.2 Reparación de los tubos		7.2 Cruzamientos de tubos	
2.3 Descarga y manipulación de los tubos		7.3 Zanjas con fondo inestable	
2.4 Almacenaje de tubos en obra		7.4 Zanjas inundadas	
2.5 Almacenaje de los empaques de caucho y lubricantes		7.5 Uso de apuntalamiento de zanja	
2.6 Transporte de los tubos		7.6 Construcción de zanja en roca	
2.7 Manipulación de los tubos anidados		7.7 Sobre-excavaciones accidentales	
		7.8 Instalación de tubería en pendiente	
3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA	7	8. ARREGLO DE VÁLVULAS Y CÁMARAS.	27
3.1 Zanja estándar		8.1 Anclaje de válvulas en línea	
3.2 Lecho de asiento para el tubo		8.2 Válvulas de aire y vacío	
3.3 Materiales de relleno		8.3 Válvulas de limpieza y drenaje	
3.4 Tipos de instalación			
3.5 Relleno de la zona del tubo		9. ACCIONES POSTERIORES A LA INSTALACIÓN	31
3.6 Compactación sobre el tubo		9.1 Control del tubo instalado	
3.7 Deflexión del tubo		9.2 Corrección de las deflexiones excesivas	
		9.3 Prueba hidráulica de campo	
4. MONTAJE DE LOS TUBOS	11	9.4 Control de las juntas en obra para casos especiales	
4.1 Acoples "doble campana" FLOWTITE		9.5 Ensayo con aire en obra	
4.2 Juntas trabadas			
4.3 Juntas bridadas		10. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE INSTALACIÓN	34
4.4 Juntas laminadas		10.1 Zanja ancha	
4.5 Otros métodos de unión		10.2 Relleno estabilizado con cemento	
5. BLOQUES DE ANCLAJE, REVESTIMIENTOS DE CONCRETO Y CONEXIONES A ESTRUCTURAS RÍGIDAS	16	Anexo AWWA M45 37	35
5.1 Revestimientos de concreto			
5.2 Conexiones a estructuras rígidas			
5.3 Encamisados (túneles)			
5.4 Conexiones a paredes de concreto			



1. INFORMACIÓN INTRODUCTORIA

1.1 PRÓLOGO

Este documento forma parte de la información preliminar para los usuarios de productos FLOWTITE. Se deberá utilizar conjuntamente con la Guía de Producto FLOWTITE y tiene por finalidad ayudar al instalador a comprender los requisitos y procedimientos para una exitosa manipulación e instalación enterrada de la tubería FLOWTITE. Los anexos pueden servir como fuente de datos para los técnicos instaladores contratados por el cliente.

Este documento trata principalmente de las circunstancias normales que pueden encontrarse en obra; las situaciones particulares requerirán consideraciones especiales que no se incluyen en este manual y deben ser resueltas conjuntamente con el proveedor.

Además de la instalación enterrada, existen otros tipos de instalación tales como la instalación sin zanja (trenchless), subacuática o aérea que no se tratan en este manual. Consulte al proveedor acerca de las limitaciones y los procedimientos sugeridos en estos casos.

En todo caso es importante tener presente que este manual no ha sido diseñado con el fin de reemplazar el sentido común, el criterio ni los requisitos para una correcta instalación, las leyes vigentes, las normas de seguridad y ambientales aplicables, las ordenanzas locales ni las instrucciones y especificaciones del cliente o su equipo técnico, quienes tienen la última palabra sobre todos los trabajos realizados. En caso de que la información incluida en este manual diera lugar a algún tipo de duda sobre la forma de proceder, se recomienda consultar con el proveedor y con el responsable técnico del proyecto para obtener asistencia.

Los procedimientos de instalación detallados en este Manual de Instalación y las sugerencias de los Técnicos de Campo serán de gran ayuda si se las sigue cuidadosamente para asegurar una instalación apropiada y de larga duración. Consulte a su proveedor sobre cualquier duda o si se considera aplicar otras variantes fuera de las instrucciones de este manual.

1.2 SISTEMA SUELO-TUBERÍA

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

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

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

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

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

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

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

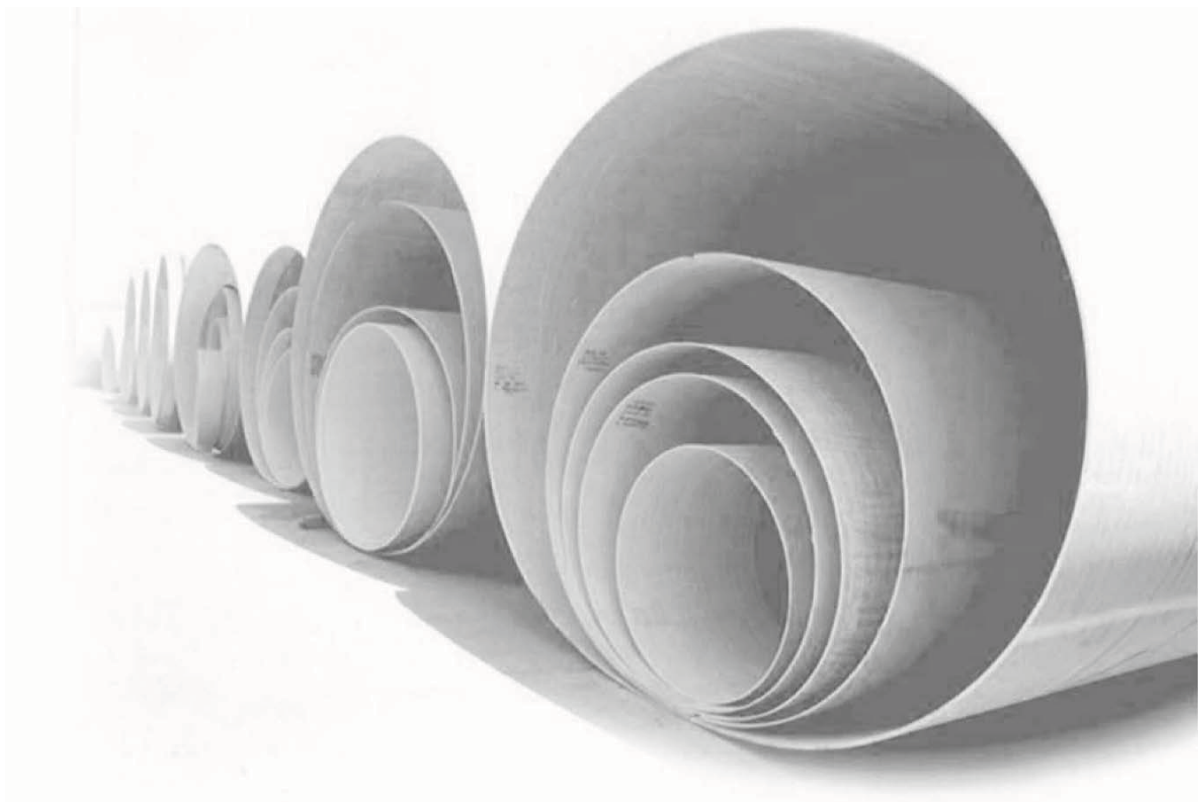
1.3 TÉCNICO EN OBRA

A pedido del cliente y dentro de los términos del acuerdo entre el cliente y el proveedor, el proveedor puede proporcionar un Técnico en Obra. El Técnico en Obra puede asesorar al cliente y/o su instalador y asistirlo para lograr una instalación satisfactoria de la tubería. Se recomienda que el servicio de asistencia técnica en obra comience a trabajar desde el inicio de la instalación y continúe periódicamente a lo largo del proyecto. Este servicio puede variar desde una asistencia continua (a tiempo completo) a una intermitente dependiendo del acuerdo entre el cliente y el proveedor.

1.4 SEGURIDAD

El tubo de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), tal como todos los tubos fabricados con petroquímicos, puede incendiarse y por el o no es recomendable su uso para aquellas aplicaciones donde pueda verse expuesto al excesivo calor o las llamas. Durante la instalación se debe tener cuidado de no exponer el tubo a las chispas causadas por las soldaduras, las llamas de un soplete u otras fuentes de calor/lamas/electricidad que pudieran incendiar el material del tubo. Esta precaución es especialmente importante cuando se trabaja con químicos volátiles en la realización de juntas laminadas, o durante la reparación o modificación del tubo en obra.

Las obras en las zanjas se realizan en condiciones potencialmente peligrosas. Cuando sea necesario, apuntale, trabaje con talud, refuerce o coloque algún tipo de soportes en las paredes de la zanja para proteger a las personas que trabajen dentro de ella. Tome precauciones para que no caigan objetos dentro de la zanja y evite que colapse debido a la posición o movimientos de la maquinaria o los equipos que se encuentren cerca, mientras haya trabajadores en la zanja. El material extraído debe ser depositado a una distancia segura del borde de la zanja y la proximidad o la altura del banco de tierra no deben poner en peligro la estabilidad de la excavación.





2. TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

2.1 INSPECCIÓN DE LOS TUBOS

Resulta imprescindible revisar todos los tubos en el lugar de descarga en obra para asegurarse de que no hayan sufrido daño alguno durante el transporte.

Dependiendo de la longitud del almacenamiento, la manipulación en obra y otros factores que puedan influir sobre las condiciones del tubo, se recomienda volver a inspeccionar cada tubo inmediatamente antes de proceder a su instalación. Al revisar la carga en el momento de la entrega, se deberá proceder de la siguiente manera:

1. Haga una inspección global de la carga. Si está intacta, por lo general bastará con una revisión ordinaria durante la descarga para asegurarse de que los tubos han llegado a destino sin daño alguno.
2. Si la carga se ha movido o hay indicios de que haya sido maltratada, entonces será necesario revisar cada tubo con cuidado para detectar los posibles daños. Cuando el tamaño del tubo lo permita, conviene inspeccionar la superficie interior del tubo en los puntos en que se haya localizado algún tipo de defecto en la superficie exterior.
3. Verifique las cantidades recibidas de cada tipo de tubo contra las que Figuran en la remisión de entrega.
4. Use la remisión para anotar las pérdidas o daños en tránsito y haga que el transportista le firme su copia de la remisión. Los reclamos al transportista se deben realizar de acuerdo al procedimiento indicado por la empresa de transporte.
5. En caso de hallar imperfecciones o daños, separe los tubos dañados y contáctese con el proveedor.

No utilice tubos defectuosos o dañados.

2.2 REPARACIÓN DE LOS TUBOS

Por lo general, los tubos que presenten daños menores pueden ser reparados en obra por personal calificado.

Si existe alguna duda sobre el estado de un tubo, éste no debe ser utilizado en la instalación.

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

2.3 DESCARGA Y MANIPULACIÓN DE LOS TUBOS

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

• Tubos sueltos

Los tubos sueltos se pueden izar usando flejes flexibles, eslingas o cuerdas. En ningún caso se han de usar cables de acero o cadenas para levantarlos o transportarlos. Los tubos se pueden izar utilizando un solo punto de sujeción (ver Figura 2-1), si bien el uso de dos puntos de sujeción situados de acuerdo con la Figura 2-2 es el método elegido por razones de seguridad para facilitar el control de los tubos. No se deben izar los tubos mediante ganchos colocados en los extremos ni pasando una cuerda, cadena o cable por el interior de los mismos de extremo a extremo.

En el Anexo A aparecen los pesos aproximados de los tubos y acoples estándar.

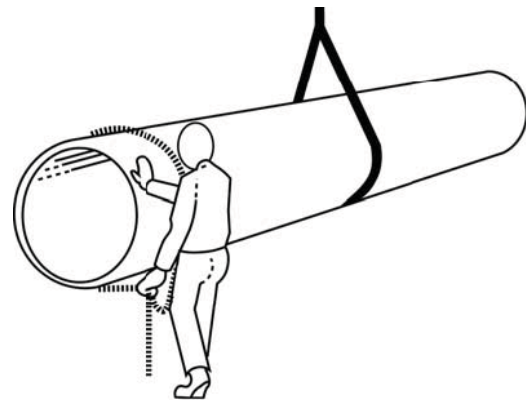


Figura 2-1: Izado con un solo punto de sujeción

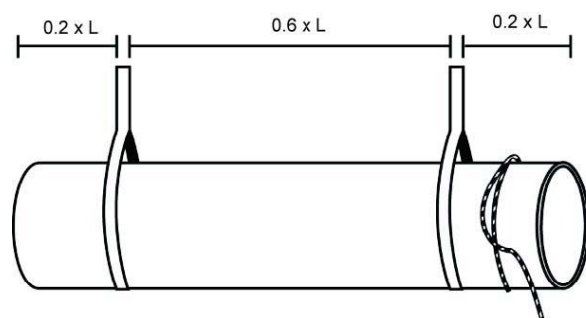


Figura 2-2: Izado con dos puntos de sujeción

ESLINGA

- **Cargas unificadas**

Las cargas unificadas deben manipularse utilizando un par de eslingas tal como lo muestra la *Figura 2-3*. No se debe izar distintos grupos de tubos embalados como carga no unificada como si se tratara de un solo grupo. Los tubos que se embalen como carga no unificada deben ser descargados y manipulados en forma separada (uno por vez).

Si los tubos sufren incisiones, rotura o fracturas durante las fases de manipulación o instalación, deberán ser reparados antes de su instalación. En este caso, póngase en contacto con su proveedor para que inspeccione los daños y recomiende el modo de proceder en la reparación de los mismos o para desecharlos los tubos dañados. (ver *Sección 2.2*).

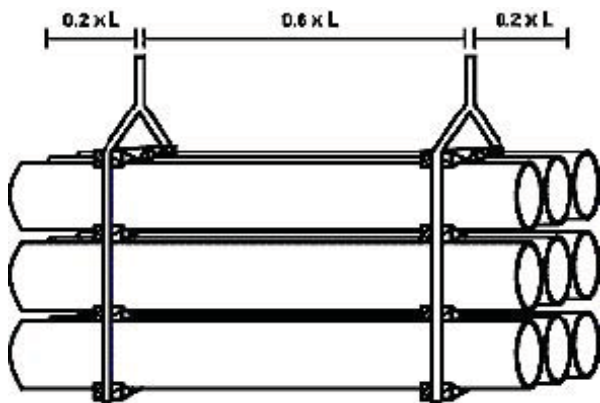


Figura 2-3: Izado de una carga unificada

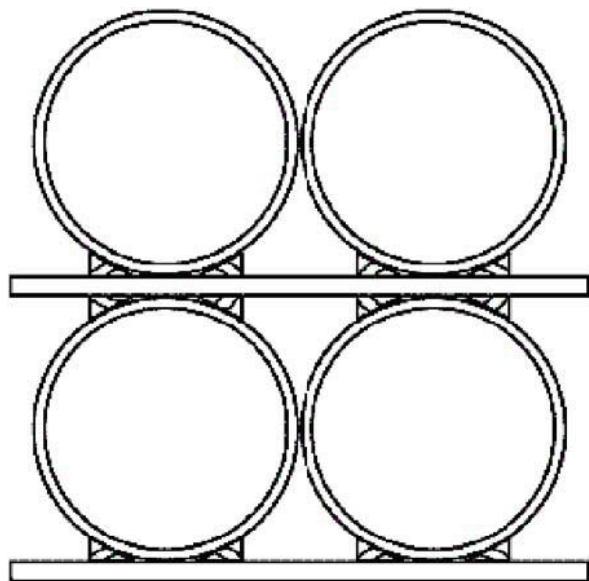


Figura 2-4: Almacenaje de tubos

2.4 ALMACENAJE DE TUBOS EN OBRA

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

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

En el caso de que sea necesario apilar los tubos, se recomienda hacerlo sobre soportes planos de madera (de 75 mm de ancho como mínimo) ubicados a cada cuarto y con cuñas (ver *Figura 2-4*). Asimismo, se recomienda utilizar el material de estiba original del envío.

Es importante asegurar la estabilidad de los tubos apilados en condiciones de viento fuerte, en áreas de almacenaje irregular o en situaciones en que estén sometidos a otro tipo de cargas horizontales. Si se anticipan condiciones de vientos fuertes, considere utilizar cuerdas o eslingas para atar los tubos. La altura máxima de apilado recomendable es de 3 m aproximadamente.

No se permiten los bultos, achatamientos u otros cambios abruptos en la curvatura del tubo. El almacenaje de los tubos que no respete estas indicaciones puede causar daños a los mismos.

2.5 ALMACENAJE DE EMPAQUES DE CAUCHO Y LUBRICANTES

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

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

2.6 TRANSPORTE DE LOS TUBOS

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

La altura máxima de apilado recomendado es de 2,5 metros aproximadamente. Se deben atar los tubos al vehículo sobre los puntos de sujeción utilizando flejes flexibles o sogas (ver Figura 2-5). Nunca utilice cables de acero o cadenas sin colocar una adecuada protección al tubo para impedir la abrasión. Los bultos, achatamientos u otros cambios bruscos de curvatura se encuentran prohibidos. El transporte de los tubos contrario a estas especificaciones puede resultar en daños para los mismos.

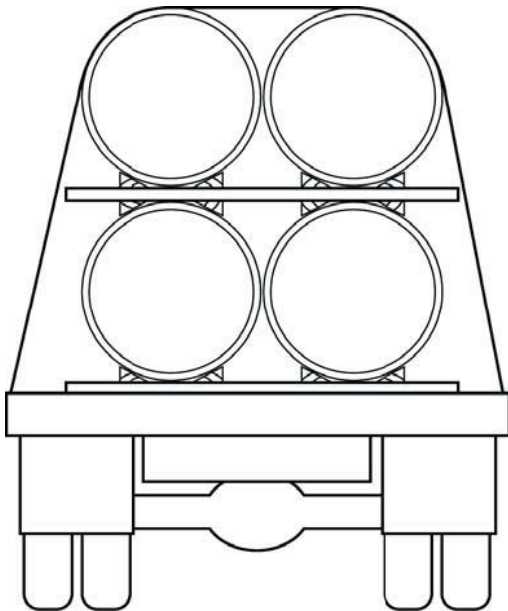


Figura 2-5: Transporte de tubos

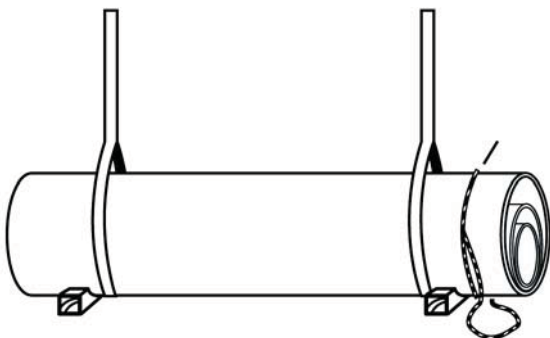


Figura 2-6: Doble punto de sujeción para tubos anidados (soga de control)

2.7 MANIPULACIÓN DE TUBOS ANIDADOS

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

1. El conjunto de tubos anidados debe levantarse utilizando dos flejes flexibles como mínimo (ver Figura 2-6). De existir limitaciones referentes a la distancia entre los flejes y los puntos de izado se especificarán para cada proyecto. Se debe asegurar que las eslingas para izar los tubos tengan capacidad suficiente para soportar el peso de los mismos. Ello puede calcularse utilizando los pesos aproximados que Figuran en el Anexo H.
2. La mejor forma de almacenar los tubos anidados es manteniéndolos en el embalaje utilizado para el transporte. A menos que se especifique lo contrario, no es recomendable apilar estos lotes embalados.
3. Los lotes de tubos anidados solo pueden ser transportados con seguridad utilizando el embalaje original. En caso que existan requisitos especiales para el apoyo, la configuración y/o el amarre en el vehículo, será especificado para cada proyecto por separado.
4. Es preferible desembalar y separar los tubos interiores en una estación preparada para tal fin. Los tubos almacenados en el interior de otros, deben desembalarse comenzando por el más pequeño, pueden ser extraídos levantándolos levemente con un brazo de izado convenientemente protegido que permita mantener el tubo suspendido, retirándolo sin que dañe a los otros tubos (ver Figura 2-7). Cuando las limitaciones de peso, longitud y/o equipo impidan utilizar este método de desembalaje y separación, se recomendarán los procedimientos adecuados para cada proyecto.

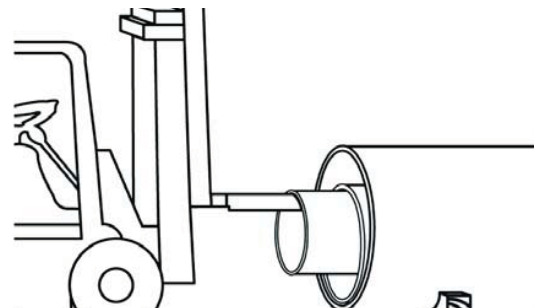


Figura 2-7: Desembalaje de tubos anidados con ayuda de un montacargas, utilizando un brazo con protección.



3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA

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

3.1 ZANJA ESTÁNDAR

La *Figura 3-1* muestra las dimensiones normales de una zanja. La dimensión "A" siempre debe ser lo suficientemente ancha como para permitir un espacio apropiado que asegure el correcto posicionamiento y compactación del relleno en el riñón del tubo. La dimensión "A" debe también ser lo suficientemente ancha como para operar el equipo de compactación sin dañar los tubos. La dimensión "A" normal es de 0,4 DN.

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

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

Nota: Donde existan suelos altamente expansivos, inestables, sueltos, blandos, rocosos o suelos endurecidos, será necesario incrementar la profundidad de la capa del lecho de asiento para lograr un soporte longitudinal uniforme.

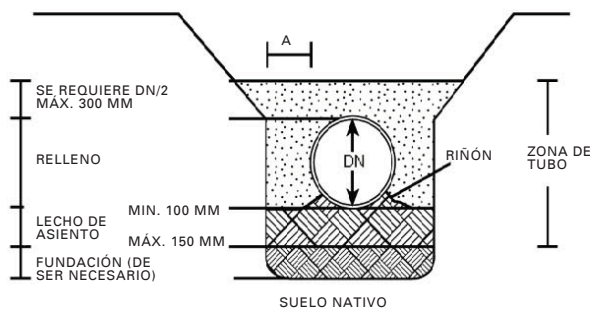


Figura 3-1: Nomenclatura del relleno de la tubería

3.2 LECHO DE ASIENTO DEL TUBO

El lecho de asiento del tubo debe estar ubicado sobre un fondo de zanja firme y estable de modo que proporcione un adecuado apoyo. El lecho de asiento terminado debe proporcionar un apoyo firme, estable y uniforme al cuerpo del tubo y a cualquier saliente de la junta.

Se debe proporcionar un lecho de asiento de 100-150 mm debajo del tubo y de 75 mm debajo del acople. En caso de que el fondo de zanja sea inestable o blando, se deberá colocar una fundación adicional para lograr el apoyo firme que el lecho de asiento necesita. Ver sección 7.3.

Puede suceder que haya que importar el material del lecho de asiento para lograr la gradación adecuada y el apoyo necesario. Los materiales recomendados para el lecho de asiento son SC1 y SC2. Para determinar si el material nativo es el adecuado para el lecho de asiento, el mismo debe satisfacer todos los requisitos de relleno de la zona del tubo. El control del material de relleno debe extenderse a lo largo de todo el proceso de instalación debido a que las condiciones del suelo nativo pueden variar y cambiar inesperadamente a lo largo del tramo de la tubería.

El lecho de asiento debe estar sobreexcavado en cada junta para asegurar que el tubo tenga un apoyo continuo y no descansen en los acoples. El área del acople deberá contar con un lecho de asiento apropiado y ser rellenado luego de completarse el montaje de la junta. Ver *Figura 3-2* y *Figura 3-3* donde se muestra el apoyo correcto e incorrecto sobre el lecho de asiento.

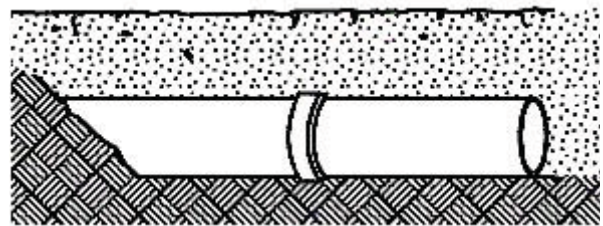


Figura 3-2: Apoyo correcto sobre el lecho de asiento

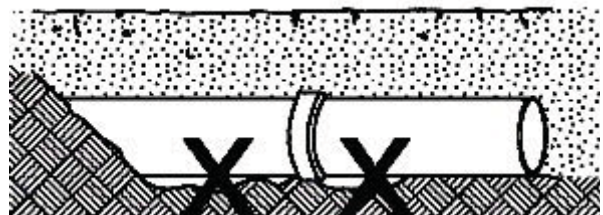


Figura 3-3: Apoyo incorrecto sobre el lecho de asiento

3.3 MATERIALES DE RELLENO

La *Tabla 3-1* agrupa los materiales de relleno en diferentes categorías. SC1 y SC2 son los suelos de relleno más fáciles de usar y precisan menos esfuerzo de compactación para lograr un cierto nivel de compactación relativa.

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

1. Para el tamaño máximo de las partículas y piedras, se deben respetar los límites establecidos en la *Tabla 3-2*.
2. Los terrones no deberán ser de un tamaño mayor al doble del máximo tamaño de las partículas.
3. No se debe utilizar material congelado.
4. No se debe utilizar material orgánico.
5. No se debe utilizar escombros (neumáticos, botellas, metales, etc).

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

Ver el Anexo D para mayor información y el Anexo G para consultar las definiciones

Tabla 3-1 Materiales de relleno

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

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

Tabla 3-2 Máximo tamaño de las partículas

El relleno sobre el tubo puede consistir en material excavado con un tamaño máximo de partículas de hasta 300mm siempre y cuando la cobertura sobre la tubería sea de 300 mm. Las piedras mayores a 200mm no deben ser arrojadas sobre la capa de 300mm que cubre la clave del tubo desde una altura mayor a 2 metros.

3.4 TIPOS DE INSTALACIÓN

Se recomiendan dos configuraciones estándar de relleno (*Ver Figuras 3-4 y 3-5*). La selección del tipo depende de las características del suelo nativo, los materiales de relleno, la profundidad a la que debe enterrarse el tubo, las condiciones de sobrecarga, la rigidez del tubo y las condiciones bajo las cuales operará. El Tipo 2, llamada configuración "partida", se utiliza generalmente para aplicaciones de baja presión ($PN \leq 10$ bar), carga por tráfico liviana y en casos de presión negativa limitada (vacío).

Instalación Tipo 1

- Construya el lecho de asiento del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 3.2
- Rellene la zona de la tubería (hasta 300 mm) sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado y compactado según los niveles requeridos (*ver Anexo B*).

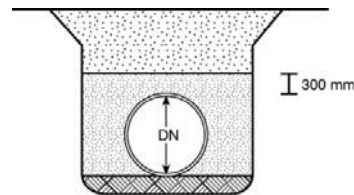


Figura 3-4: Instalación Tipo 1

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

Instalación Tipo 2

- Construya el lecho de asiento del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 3.2. Rellene hasta un nivel del 60% del diámetro del tubo con el material de relleno especificado, compactado hasta los niveles indicados.
- Rellene desde el 60% del diámetro hasta 300mm sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado compactado hasta los niveles indicados.

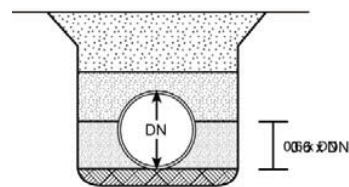


Figura 3-5: Instalación Tipo 2

Nota: La configuración de relleno Tipo 2 no es práctica para los tubos de menor diámetro.

Nota: La configuración de relleno Tipo 2 no es adecuada para situaciones de cargas por tráfico pesado.

3.5 RELLENO DE LA ZONA DEL TUBO

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

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

La correcta selección, ubicación y compactación del relleno de la zona de la tubería es de gran importancia a fin de controlar la deflexión vertical y para el rendimiento del tubo. Se debe tener cuidado de que el material de relleno no se encuentre contaminado con escombros u otros materiales extraños que puedan dañar el tubo o causar una pérdida de apoyo. El material de relleno del riñón en la zona que se encuentra entre el lecho de asiento y la parte inferior externa del tubo debe insertarse y compactarse antes de colocar el resto del relleno (ver Figuras 3-6 y 3-7).
correcto: el tubo está firmemente apoyado.

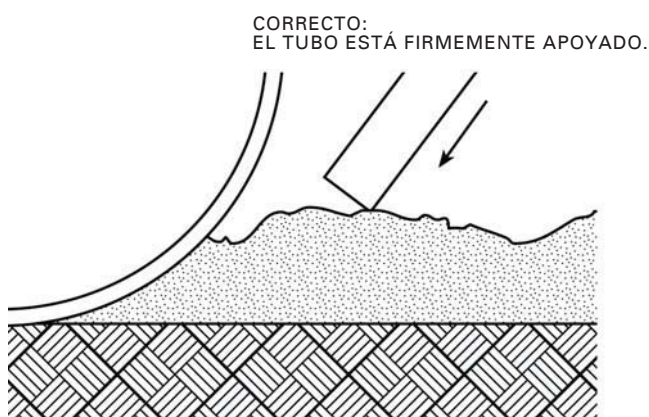


Figura 3-6: Relleno correcto del riñón del tubo

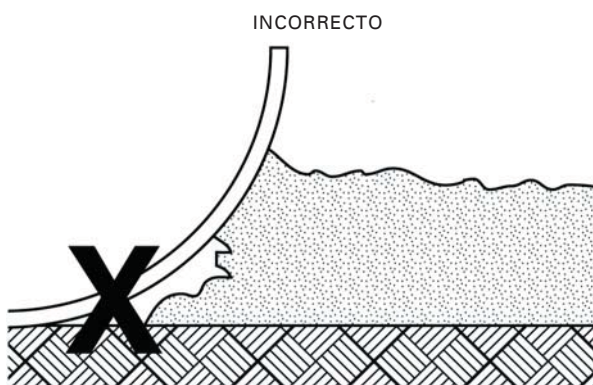


Figura 3-7: Relleno incorrecto del riñón del tubo

Se debe controlar el espesor de la capa a compactar, así como la energía utilizada en el método de compactación. El relleno correcto se realiza normalmente en capas de 100mm a 300mm dependiendo del material de relleno y del método de compactación. Cuando se utiliza grava o piedra triturada como material de relleno, generalmente será adecuado utilizar una capa de 300mm ya que la grava es relativamente fácil de compactar. Los suelos de grano fino necesitan un mayor esfuerzo de compactación y el espesor de la capa debe ser limitada. Se advierte que es importante lograr la correcta compactación de cada capa para asegurarse de que el tubo tenga el soporte necesario.

Los rellenos tipo SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y muy confiables como materiales de relleno para tubos. Estos suelos tienen baja sensibilidad a la humedad. El relleno se puede compactar fácilmente utilizando un compactador manual de placa vibratoria en capas de 200 a 300mm. Ocasionalmente, se deberá utilizar un geotextil en combinación con suelos de grava para evitar la migración de materiales finos y la consecuente pérdida de apoyo del tubo. Ver el Anexo A para estos criterios. Se pueden aceptar los suelos de rellenos tipo SC3 y se encuentran a menudo listos para usar como materiales de relleno para instalaciones de tuberías.

Muchos suelos nativos, en los que se instala la tubería, son del tipo SC3 y, por lo tanto, el suelo extraído puede ser directamente reutilizado como relleno para la zona del tubo. Se deben tomar precauciones ya que estos suelos son sensibles a la humedad. Las características del tipo de suelo SC3 dependen en gran parte de las características de la fracción fina. El control de humedad puede ser necesario cuando se compacta el suelo para lograr la densidad deseada con una razonable energía de compactación y con una fácil utilización del equipo de compactación. La compactación se puede lograr utilizando un compactador manual de impacto en capas de 100 a 200mm.

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

- El contenido de humedad se debe controlar durante la colocación y la compactación.
- No se debe usar en instalaciones con fundaciones inestables o con agua estancada en la zanja.
- Las técnicas de compactación pueden requerir de una considerable energía y por lo tanto se deben tener en cuenta las limitaciones prácticas de la compactación relativa y la rigidez de suelo resultante.
- Cuando compacte, utilice capas de 100 y 150mm con un compactador manual de impacto tal como un Whacker o un vibrocompactador (canguro).
- Las pruebas de compactación se deben realizar periódicamente para asegurar la compactación adecuada. Ver el Anexo F para mayor información. La compactación del relleno de grano fino se logra con mayor facilidad cuando el material tiene un contenido óptimo de humedad o cercano al mismo.

Cuando el relleno alcanza el diámetro horizontal del tubo (springline), toda la compactación debería comenzar cerca de los lados de la zanja y avanzar hacia el tubo. El relleno de la zona de la tubería se puede ubicar y compactar de tal modo que cause que el tubo se ovalice en dirección vertical (aumento del diámetro vertical). La ovalización inicial no debe exceder el 1,5% del diámetro del tubo de acuerdo con las mediciones realizadas al alcanzar el relleno la clave del tubo. La cantidad de ovalización inicial obtenida se relacionará con la energía necesaria para lograr la compactación relativa que se necesita. Los altos niveles de energía necesarios con el relleno de tipo SC3 y SC4 pueden sobrepasar los límites. Si esto ocurre considere utilizar tubos de mayor rigidez u otro material de relleno o ambas cosas.

Estas recomendaciones se resumen en la *Tabla 3-3*.

Tipo de suelo de relleno	Compactador manual de impacto (Canguro)	Compactador manual de placa vibratoria	Descripción
Tipo SC1		300 mm	Dos pasadas deberían proporcionar una buena compactación
Tipo SC2		200 - 250 mm	Dos a cuatro pasadas, dependiendo de la altura y la densidad requerida.
Tipo SC3	100 - 200 mm		La altura de la capa y el número de pasadas dependen de la densidad necesaria. Usar con contenido óptimo de humedad o niveles cercanos al mismo Controlar la compactación
Tipo SC4	100 - 150 mm		Puede requerir una importante energía de compactación. El contenido de humedad debe ser óptimo Verificar la Compactación

Tabla 3-3: Resumen de recomendaciones para la compactación del relleno de la zona del tubo

3.6 COMPACTACIÓN SOBRE EL TUBO

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

La *Tabla 3-4* muestra la altura mínima de cobertura sobre el tubo necesaria antes de que ciertos equipos de compactación puedan utilizarse directamente sobre el tubo. Se debe tener cuidado de evitar un excesivo esfuerzo de compactación sobre la clave del tubo que pueda causar abultamientos o áreas planas. Sin embargo, el material en esta área no debe dejarse suelto y se debe lograr la densidad específica deseada.

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

*Puede ser necesario comenzar con una cobertura mayor de modo que, a medida que se logra la compactación, ésta no sea inferior al mínimo requerido.

Tabla 3-4 cobertura mínima para compactación sobre el tubo

3.7 DEFLEXIÓN DEL TUBO

La deflexión del tubo con relleno completo es una buena indicación de la calidad de la instalación. La deflexión inicial vertical normal del tubo luego de rellenar hasta el nivel del suelo es menor a 2% para la mayoría de las instalaciones. Todo valor que exceda esta cifra indica que no se ha logrado la calidad de instalación pretendida y debería mejorarse antes de colocar los siguientes tubos. (Por ejemplo, incrementar la compactación del relleno en la zona de tubería, utilizar materiales de relleno en la zona tubería de grano más grueso o una zanja más ancha, etc). La *Tabla 3-5* proporciona detalles sobre la máxima deflexión del tubo tan pronto como el tubo se haya rellenado hasta el nivel del suelo o calle para obtener una retroalimentación continua de información sobre la calidad de la instalación. Ver *sección 9.1*.

	Deflexión % del diámetro
Grandes diámetros (DN ≥ 300) Inicial	3.0

Tabla 3-5 Deflexión vertical inicial permitida



4. MONTAJE DE LOS TUBOS

Los tubos FLOWTITE por lo general se ensamblan utilizando acoples FLOWTITE. Los tubos y acoples se pueden suministrar por separado, si bien se pueden entregar con el acople montado en un extremo del tubo. Si los acoples no se entregan previamente ensamblados, se recomienda que se monten en el lugar de almacenamiento o a un costado de la zanja antes de que el tubo sea descendido al lecho de asiento de la zanja.

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

Los tubos FLOWTITE también permiten el uso de otros sistemas de unión tales como bridas, juntas mecánicas y uniones por laminación.

4.1 ACOPLES “DOBLE CAMPANA” FLOWTITE

Acoples de presión FLOWTITE

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

Paso 1: Fundación y lecho de asiento.

El lecho de asiento debe estar sobreexcavado en la ubicación de cada junta para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre los acoples. El área de la junta debe contar con el lecho de asiento apropiado y ser rellenada luego de que se complete el montaje de la junta.

Paso 2: Limpieza del acople

Limpie meticulosamente los alojamientos del acople y los empaques de caucho para asegurarse de que estén libres de suciedad y aceites (ver Figura 4.1)



Figura 4-1: Limpieza del acople

Paso 3: Instalación de los empaques de sello

Introduzca el empaque de sello en el alojamiento dejando bucles del empaque fuera del alojamiento (generalmente de dos a cuatro bucles). No utilice lubricantes ni en el alojamiento, ni en el empaque de caucho en esta etapa del montaje. No obstante, puede utilizar agua para humedecer el empaque de sello y el alojamiento para facilitar el posicionamiento y la inserción del empaque de sello. (ver Figura 4.2).



Figura 4-2: Instalación de los empaques de sello

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

Paso 4: Lubricación de los empaques de sello

Aplique una fina capa de lubricante sobre los empaques de sello (ver Figura 4.3). Consulte el Anexo I para obtener más información sobre la cantidad de lubricante que se consume por cada junta.

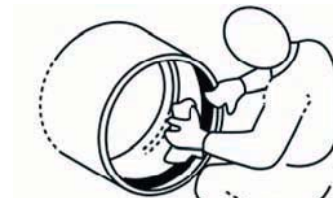


Figura 4-3: Lubricación de los empaques de sello

Paso 5: Limpieza y lubricación de los espigos

Limpie los espigos de los tubos a fondo para eliminar cualquier tipo de suciedad, grasa, arena, etc.

Inspeccione la superficie de sellado del espigo, para detectar daños. Aplique una fina capa de lubricante a los espigos desde el extremo del tubo hasta la posición donde se encuentra pintada la franja negra de alineación. Tome las precauciones necesarias para mantener limpios los espigos y los acoples una vez lubricados (ver Figura 4.4). Se ha observado que colocando un trozo de tela o plástico de aproximadamente un metro cuadrado bajo el área de montaje se mantienen limpios los extremos de los espigos y los empaques de sello.

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



Figura 4-4: Limpieza de los espigos

Montaje

Si el acople no viene montado previamente, se debe montar en el tubo en un lugar limpio y seco antes de unir los tubos. Esto se logra colocando una abrazadera o eslinga alrededor del tubo a una distancia de 1 a 2

metros del espigo sobre la cual se realizará el montaje del acople. Asegúrese de que el espigo del tubo se ubique al menos a 100mm sobre el nivel del suelo para evitar que se ensucie.

Presione el acople hacia el extremo del espigo del tubo en forma manual y coloque un tirante de madera de 100 x 50mm cruzando el acople.

Utilice dos tiracables o aparejos a palanca conectados entre el tirante y la abrazadera y tire del acople hasta colocarlo en posición; es decir, hasta que esté alineado con la línea de ayuda para el montaje o hasta que el espigo toque el tope central de montaje (ver Figura 4-5). Los siguientes pasos (6 a 8) se aplican al montaje de tubos con abrazaderas o eslingas y tiracables o aparejos a palanca. Se pueden utilizar otras técnicas que puedan ayudar a lograr el objetivo siempre que cumplan con las indicaciones de este manual. En especial, la inserción de los extremos de los espigos del tubo se debe limitar a la línea de ayuda para montaje y se debe evitar cualquier daño al tubo y los acoples.

Paso 6: Ubicación del tubo

Se hace descender el tubo con el acople montado al lecho de la zanja. En el lugar de la junta se debe sobre-excavar la zanja para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre los acoples.

Paso 7: Ajuste de las abrazaderas

La abrazadera (o eslinga) A se fija sobre cualquier punto del primer tubo o puede quedar posicionada desde la unión anterior. Ajuste la abrazadera B sobre el tubo a ser montado en una posición conveniente (Ver Figura 4-6).

Nota: El contacto de la abrazadera con el tubo debe contar con protección (acolchado) para evitar daños al tubo y ejercer una resistencia de alta fricción con la superficie del tubo. Si no se dispone de abrazaderas, se pueden usar eslingas de nylon o de sogas o fajas teladas planas, tal como lo muestra la Figura 4-7, tomándose las debidas precauciones para mantener la alineación del acople.

Paso 8: Unión de las juntas

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

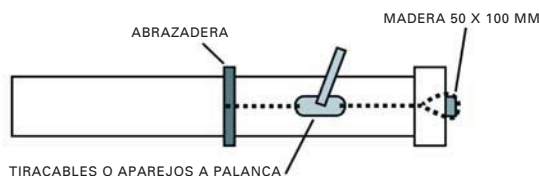


Figura 4-5: Montaje del acople en el tubo

Deflexión Angular de los Acoples FLOWTITE

La máxima deflexión angular en cada junta, tomando en cuenta la vertical y horizontal combinadas, no debe exceder los valores indicados en la *Tabla 4-1*. Esto puede ser utilizado para acomodar los cambios graduales en la dirección de la tubería. La alineación de los tubos, al ser unidos, debe ser recta y por lo tanto se deberá aplicar la deflexión angular necesaria después de ser ensamblados. La desviación máxima y su correspondiente radio de curvatura se indican en la *Tabla 4-2* (ver *Figura 4-8* con la definición de los términos).

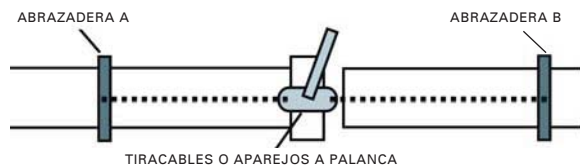


Figura 4-6: Montaje de tubo con abrazadera

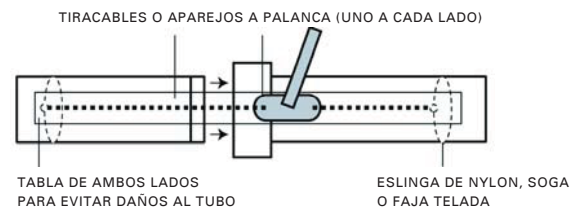


Figura 4-7: Montaje de tubos con fajas teladas

Diámetro nominal del tubo (mm)	Presión (PN) en bares			
	Hasta 16	20	25	32
		Angulo de deflexión máx. (grados)		
DN ≤ 500	3.0	2.5	2.0	1.5
500 ≤ DN ≤ 900	2.0	1.5	1.3	1.0
900 < DN ≤ 1800	1.0	0.8	0.5	0.5
DN > 1800	0.5	NA	NA	NA

Tabla 4-1: Deflexión angular en el acople con doble empaque de sello

Angulo de deflexión (grados)	Máxima desviación (mm)			Radio de Curvatura (m)		
	Longitud del Tubo			Longitud del Tubo		
	3m	6m	12m	3m	6m	12m
3.0	157	314	628	57	115	229
2.5	136	261	523	69	137	275
2.0	105	209	419	86	172	344
1.5	78	157	313	114	228	456
1.3	65	120	240	132	265	529
1.0	52	105	209	172	344	688
0.8	39	78	156	215	430	860
0.5	26	52	104	344	688	1376

Tabla 4-2: Desviación y radio de curvatura

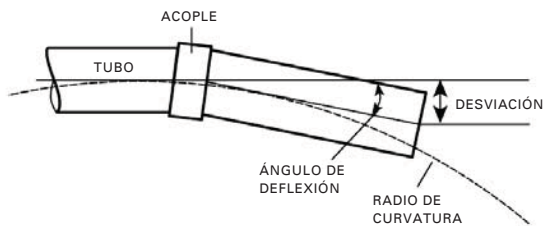


Figura 4-8: Acople FLOWTITE, deflexión angular de la junta

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

Las juntas de acople con deflexión angular se estabilizan por la resistencia del suelo alrededor del tubo y el acople. Las juntas de los tubos presurizados ($PN > 1$) que toman ángulo, deben contar con un relleno con un mínimo del 90% de la compactación Proctor estándar.

En las juntas de acople que se colocan con una rotación angular vertical, donde la dirección del empuje es ascendente, el relleno debería cubrir como mínimo una profundidad de 1,2 metros para una presión de funcionamiento de 16 bares o mayor. Se debe verificar que la fuerza resistente (peso del suelo) sea superior al empuje originado por el cambio de dirección, con su correspondiente coeficiente de seguridad.

Desalineación de los tubos

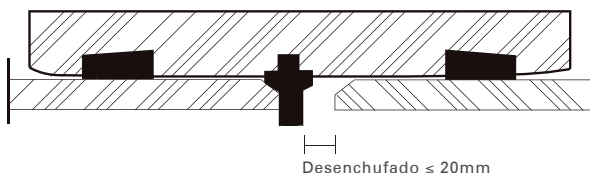
La máxima desalineación permitida para los extremos adyacentes de los tubos es de 5mm (ver Figura 4-9). Se recomienda controlar la desalineación cerca de los bloques de anclaje, las cámaras de las válvulas y otras estructuras similares y en las zonas de cierre o reparaciones.



Figura 4-9: Desalineación o resalto

Desenchufado

El desenchufado máximo entre espiga y tope central es de 20 mm.



Desenchufado $\leq 20\text{mm}$

4.2 JUNTAS TRABADAS

Las juntas trabadas FLOWTITE consisten en una doble campana (acople) con empaques de sello y varillas de fijación que transfieren el empuje axial de una sección del tubo a otra. Sobre cada lado, el acople tiene un empaque de sello estándar y un sistema

de varillaalojamiento a través del cual se trasfiere la carga por medio de una acción de compresión y esfuerzo cortante. El espigo del tubo para las juntas trabadas tiene un alojamiento que corresponde con el del acople.

La junta se monta utilizando un procedimiento similar al del acople estándar FLOWTITE, excepto que no existe el tope central de montaje. Se debe seguir los pasos 1 a 6 indicados más arriba. Para el paso 7, se coloca el tubo tirando del mismo hasta que el alojamiento del espigo sea visible a través de la abertura en el acople. Luego se coloca la varilla de trabado con ayuda de un martillo.

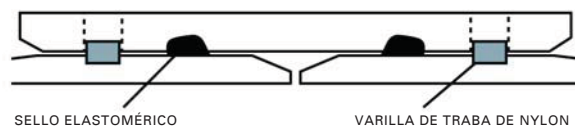


Figura 4-10: Junta trabada FLOWTITE

4.3 JUNTAS BRIDADAS

Moldeadas

Las bridas de PRFV se deben unir de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver Figura 4-11):

1. Limpie completamente la superficie de la brida y el alojamiento para el O-Ring.
2. Asegúrese que el empaque de sello se encuentre limpio y sin imperfecciones.
3. Posicione el empaque de sello en el alojamiento. Alinee las bridas a ser unidas.
4. Introduzca los pernos, arandelas y tuercas. Todos los elementos metálicos deben estar limpios y lubricados para evitar un ajuste incorrecto. Las arandelas deben ser usadas en todas las bridas de PRFV.
5. Utilizando un torquímetro, ajuste los pernos hasta un par de 35 Nm, siguiendo la secuencia normal de ajuste de pernos de las bridas.
6. Repita este procedimiento llevando el perno a un par de 70 Nm o hasta que las bridas se toquen en sus caras internas. No se exceda en el ajuste ya que podría causar daños permanentes a las bridas de PRFV.
7. Controle el par de los pernos una hora después y ajuste de ser necesario a 70 Nm.

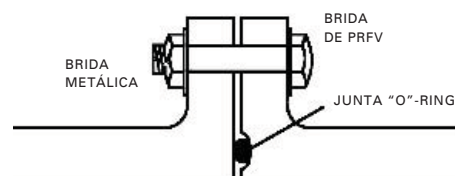


Figura 4-11: Junta bridada

Brida loca o brida de anillo suelto

El tubo FLOWTITE puede ser entregado con bridas locas o de anillo suelto (van Stone). Los empaques sueltos se pueden rotar para una fácil alineación con los agujeros de los pernos en la brida correspondiente.

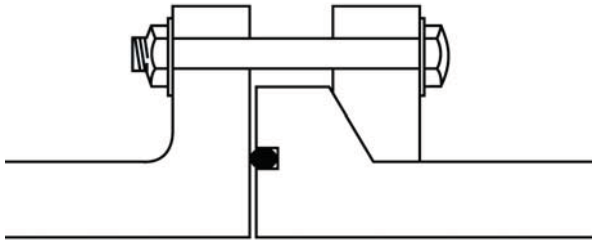


Figura 4-12: Brida loca con empaque de sello o-ring (empaque de estanqueidad)

La brida de empaque suelto se puede fabricar para dos tipos de sellado mediante empaques de caucho utilizando:

1. un sello estanco (O-Ring) (se requiere un alojamiento en la superficie de la brida, ver Figura 4-12)
2. un empaque de caucho O-ring con un anillo de acero para la superficie plana de las bridas (no se requiere del alojamiento) como se muestra en la Figura 4-13.

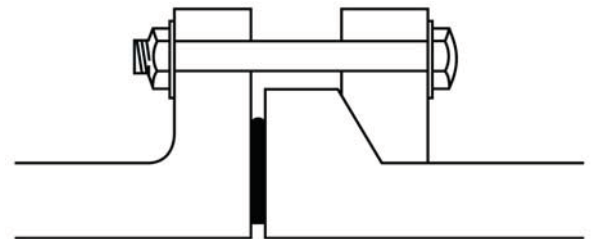


Figura 4-13: Brida loca con empaque de caucho o-ring con anillo de acero.

El montaje para ambos tipos de bridas de empaque suelto es idéntico y se describe a continuación:

1. Limpie completamente la cara de la brida a ser montada y en caso que corresponda limpie el alojamiento de la junta.
2. Asegúrese de que el empaque de caucho se encuentra limpio y sin desperfectos. No use empaques defectuosos.
3. Posicione el empaque de caucho sobre la cara de la brida. Para el sello (O-Ring), asegúrese de empujar firmemente el empaque de caucho dentro del alojamiento de la junta. Se recomienda que el empaque O-Ring quede asegurado por medio de pequeñas cintas o adhesivo.

4. Alinee las bridas a ser unidas.
5. Coloque los pernos, arandelas y tuercas. Todos los elementos metálicos deben estar limpios y lubricados para evitar ajustes inapropiados. Es importante que la superficie de contacto entre la cabeza del perno/ arandelas y la superficie de apoyo del empaque se encuentren bien lubricadas para evitar que se produzca un torque excesivo.
6. Utilice un torquímetro para ajustar los pernos hasta los valores de torsión requeridos en la Tabla 4-3, respetando las secuencias estándar para el ajuste de pernos de la brida.
7. Controle la torsión de los pernos una hora después y ajústelo de ser necesario.

Tipo de empaque	PN	Torque máximo Nm*
O-Ring	6	50 x Dext del tubo (en m)
O-Ring	10	100 x Dext del tubo (en m)
O-Ring	16,20	200 x Dext del tubo (en m)
O-Ring	25	125 x Dext del tubo (en m)
Perfil "O" con empaque integral	6	45 x Dext del tubo (en m)
Perfil "O" con empaque integral	10	75 x Dext del tubo (en m)
Perfil "O" con empaque integral	16,20	90 x Dext del tubo (en m)
Perfil "O" con empaque integral	25	135 x Dext del tubo (en m)

*Basado en las dimensiones estándar de las bridas de acuerdo con las normas ISO7005

Tabla 4-3: Valores de torque para bridas de empaque suelto

Nota: Cuando conecte dos bridas de PRFV con un empaque O-Ring, solo una brida tendrá el alojamiento, para el empaque, en su superficie.

4.4 JUNTAS LAMINADAS

Este tipo de junta se fabrica con refuerzos de fibra de vidrio impregnados con resina poliéster. Se requiere de un diseño especial, limpieza, condiciones controladas y personal capacitado. Instrucciones especiales se proveerán cuando se utilice este tipo de junta.

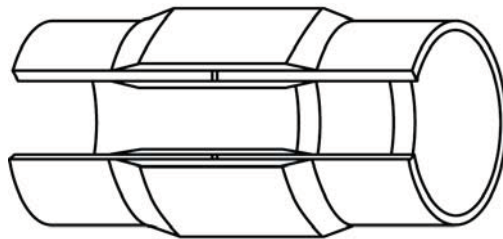


Figura 4-14: Junta laminada

4.5 OTROS MÉTODOS DE UNIÓN

Uniones de acero flexible

(Straub, Tee Kay, Arpol, etc. Ver Figura 4-15)

Cuando se conecten los tubos FLOWTITE a tubos de otros materiales con diámetros externos diferentes, uno de los métodos preferidos para ello consiste en utilizar las uniones de acero flexible. Estas uniones están formadas por una camisa de acero con una banda selladora de caucho en su interior.

Estas uniones se pueden utilizar para unir tramos de tubos FLOWTITE y también para efectuar reparaciones o cierres. Normalmente se presentan en tres tipos:

1. Camisa de acero revestida
2. Camisa de acero inoxidable
3. Camisa de acero galvanizada por inmersión en caliente.

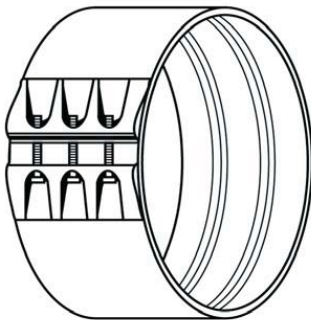


Figura 4-15: Unión de acero flexible

Es importante controlar el ajuste de los pernos de las uniones de acero flexible. No los sobreajuste ya que puede causar un exceso de tensión en los pernos o el tubo. Siga las instrucciones del fabricante de las uniones para el montaje de los mismos, pero consulte con el fabricante de los tubos los límites de ajuste permitidos para el tubo.

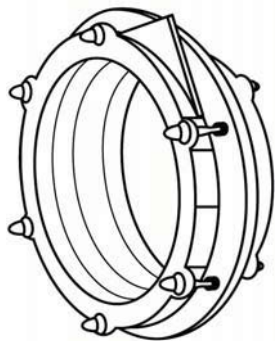


Figura 4.16 Junta Mecánica con doble sistema de bulones o pernos

Uniones mecánicas de acero

(Viking Johnson, Helden, Kamflex, etc, ver Figura 4-16)

Estas uniones se han utilizado con éxito para unir tubos de diferentes materiales y diámetros y para adaptarse a salidas bridadas. Existe una amplia variedad en el diseño de estas juntas, incluyendo el tamaño de los pernos, la cantidad de pernos y el diseño del empaque de caucho. También existen amplias diferencias en la tolerancia al diámetro de otros materiales, que a menudo resultan en un ajuste mayor al necesario para lograr hermeticidad del lado del tubo FLOWTITE.

En consecuencia, no podemos recomendar el uso general de las uniones mecánicas con los tubos FLOWTITE. Si se utiliza una unión mecánica para unir el material FLOWTITE a otros materiales entonces, se deberían utilizar solo uniones mecánicas con un sistema de doble perno independiente (ver Figura 4-16). Ello permite que se ajuste independientemente el lado correspondiente al tubo FLOWTITE, que usualmente requiere menos ajuste que el recomendado por el fabricante de las juntas mecánicas.

Se recomienda consultar al proveedor local de FLOWTITE cuando se contemple el uso de uniones mecánicas en el proyecto. Prepárese para presentar información sobre el diseño específico (marca y modelo). El proveedor del tubo le podrá aconsejar bajo qué condiciones, si fuera posible, el diseño elegido es adecuado para su uso con los tubos FLOWTITE.

Protección contra la corrosión

Independientemente de la protección anticorrosiva que se aplique a la camisa de acero, la junta necesita estar igualmente protegida. Generalmente esto requiere la aplicación de una banda de polietileno ajustada en caliente sobre la junta instalada.

Adaptadores de PRFV

Los acoples FLOWTITE pueden utilizarse para unir tubos FLOWTITE a otros materiales con el mismo diámetro exterior (Tabla 6-1) para aplicaciones no presurizadas. Para mayores presiones, consulte al fabricante.

Los adaptadores especiales de PRFV o uniones "escalonadas" pueden utilizarse para conectar los tubos de PRFV a otros materiales o a diámetros diferentes. Consulte al fabricante.



5. BLOQUES DE ANCLAJE, REVESTIMIENTOS DE CONCRETO Y CONEXIONES A ESTRUCTURAS RÍGIDAS

Cuando la tubería se encuentra presurizada, tienen lugar fuerzas de empuje desbalanceadas en los codos, reducciones, derivación en T, bifurcaciones en Y, cierres de la línea y cualquier otro cambio de dirección. Estas fuerzas deben verse restringidas de algún modo para evitar la separación de las juntas.

Por lo general, se logra de una manera económica mediante la utilización de bloques de anclaje o alternativamente por apoyo directo y fricción entre el tubo y el suelo.

La transferencia directa del empuje a través de la fricción y el apoyo se logran utilizando juntas de restricción y tubos especiales que transfieren el empuje axial. Los accesorios están diseñados para ser directamente enterrados. Se puede considerar un factor de fricción de 0,5 entre el tubo FLOWTITE y suelos no cohesivos al momento de determinar la longitud requerida de anclaje del tubo que se conecta a los accesorios.

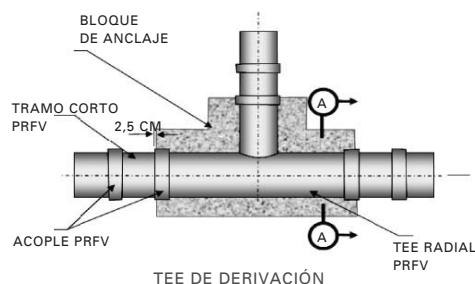
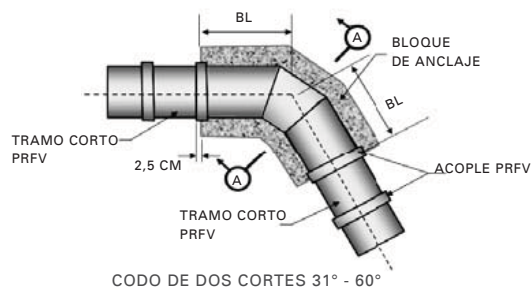
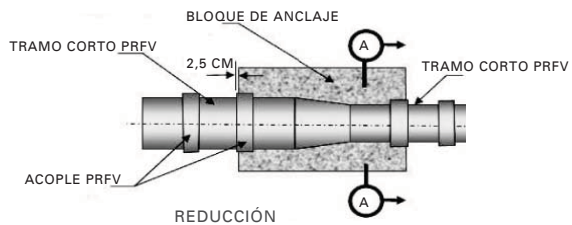
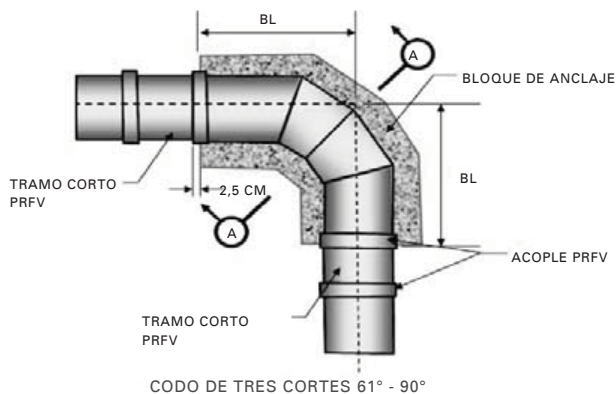
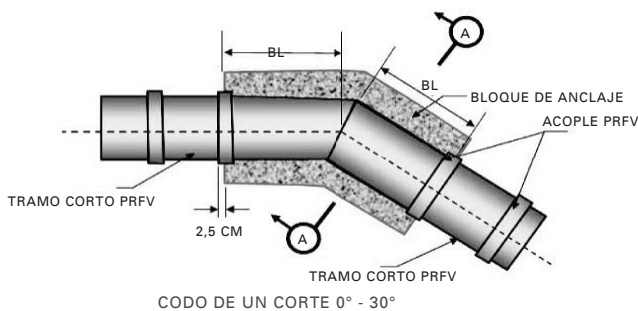
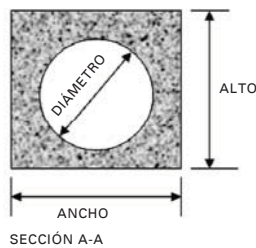
La determinación de la necesidad y el diseño, así como el nivel de refuerzo de acero, de las estructuras de concreto, son responsabilidad de la ingeniería del cliente. Los accesorios FLOWTITE están diseñados para soportar la presión interna total, mientras que la estructura de concreto deberá soportar su forma y transferir la carga. Como la expansión de los accesorios presurizados genera normalmente tensiones superiores a las

que el concreto soportaría, se debe considerar el uso de refuerzos de acero para controlar el ancho de las fisuras. También se aplican las siguientes condiciones:

Bloques de Anclaje

Los bloques de anclaje deben limitar el desplazamiento de los accesorios en relación con el tubo adyacente para preservar la estanqueidad del acople FLOWTITE. La deflexión angular resultante deberá ser menor a los valores indicados en la *Tabla 4-1*. Para mayores detalles sobre la instalación del tubo y la diagramación del sistema vea los puntos 5.1 y 5.2.

Para operar con presiones mayores a 1 bar (PN >1), el bloque debe rodear completamente al accesorio. El bloque debe ubicarse contra el suelo inalterado o relleno con materiales de la zona del tubo seleccionados y compactados adecuadamente para lograr la rigidez y resistencia originales del suelo nativo.



Se necesitan bloques de anclaje para los siguientes accesorios cuando la presión de la tubería exceda 1 bar (100 kPa).

1. Todos los codos, reducciones, compuertas y bridas ciegas.
2. Derivaciones en T, si la rama del tubo es concéntrica respecto del eje del tubo principal.

Los pozos de acceso/ bocas de hombres concéntricos (Derivaciones en T con brida ciega), drenajes y respiraderos, por lo general no generan empujes no balanceados cuando se encuentran en operación, por ello no requieren revestimientos pero requieren accesorios y ramales resistentes al empuje.

Nota: Las formas de los bloques de anclaje son a modo ilustrativo. La forma exacta dependerá del diseño y los requerimientos del proyecto.

Válvulas

Las válvulas deben contar con el anclaje suficiente para absorber el empuje de la presión. Para mayores detalles sobre válvulas y cámara, consulte la sección 8.

Toberas

Se denominan toberas a las conexiones en T que cumplen las siguientes condiciones:

1. Diámetro de la tobera ≤ 300 mm
2. Diámetro del tubo principal ≥ 3 veces el diámetro de la tobera

5.1 REVESTIMIENTOS DE CONCRETO

Cuando los tubos (o accesorios) deban ser revestidos con concreto, como en los casos de los bloques de anclaje, bloques de tensión o a fin de soportar una carga inusual, se deberán tener en cuenta las especificaciones adicionales de los procedimientos de instalación.

DN	Espacio Máximo (m)
300 - 400	2.5
500 - 600	4.0
700 - 900	5.0
≥ 1000	6.0

Tabla 5-2: Máximo espacio entre flejes

Anclaje de los tubos

Durante el hormigonado, el tubo o el accesorio vacío quedará expuesto a fuerzas ascensionales (de flotación). Se debe restringir cualquier movimiento del tubo que pudiera ser causado por estas cargas. Por lo general, esto se logra sujetando la tubería con flejes a una losa de base u otro tipo de anclaje(s).

Los flejes deben ser de un material plano de 25mm de ancho, lo suficientemente fuerte como para resistir las fuerzas ascensionales debidas a la flotación, con un mínimo de dos flejes por longitud de tramo y un máximo de espacio entre los mismos indicado en la *Tabla 5-2*. Los flejes deben tensarse para impedir la flotación, pero sin causar una deflexión adicional de la tubería (ver *Figura 5-2*).

Apoyo de los tubos

Los tubos deberán estar apoyados de tal forma que el hormigón pueda fluir alrededor del tubo y por debajo del mismo. Los soportes deberán estar contruidos de manera que se adapten aceptablemente a la forma del tubo (deflexión menor a 3% sin abultamientos ni zonas planas).

Hormigonado

El hormigonado debe realizarse por etapas, con suficiente tiempo entre capas, para permitir el fraguado de las mismas y evitar que se ejerzan fuerzas de flotación. Las alturas máximas de las capas, en función de la rigidez del tubo, se muestran en la *Tabla 5-3*.

El espesor máximo de una capa es la máxima profundidad de hormigón que se puede verter de una sola vez sobre una clase determinada de rigidez nominal.

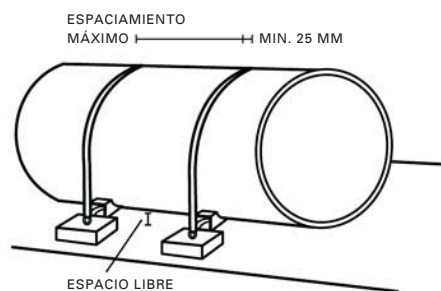


Figura 5-2: Anclaje del tubo – espacio máximo entre flejes (ver *Tabla 5-2*)

SN (Rigidez nominal)	Espacio Máximo (m)
2500	Mayor a 0,3 m o DN/4
5000	Mayor a 0,45 o DN/3
10000	Mayor a 0,6 o DN/2

Tabla 5-3: Máximo espesor de capa para colado de concreto

5.2 CONEXIONES A ESTRUCTURAS RÍGIDAS

En un tubo que se mueve demasiado en relación con una estructura rígida pueden desarrollarse tensiones excesivas por flexión y de esfuerzo cortante. Estas situaciones pueden ocurrir cuando un tubo atraviesa una pared (es decir, una cámara de válvulas, o una boca de registro), se encuentra revestido en hormigón (por ejemplo bloques de anclaje) o está sujeto con bridas a una bomba, válvula u otra estructura.

Por ello, en todas las conexiones a estructuras rígidas el instalador debe tomar las precauciones necesarias para minimizar la aparición de altas tensiones discontinuas en el tubo. La deflexión angular y la desalineación en las juntas cercanas a los bloques anclaje deben evitarse durante la instalación.

Existen dos opciones. La alternativa estándar (recomendada) requiere el uso de un acople empotrado en la superficie de separación hormigón-tubo.

La otra alternativa envuelve el tubo en caucho para facilitar la transición.

Alternativa estándar

Cuando sea posible, se empotrará un acople en el concreto en la superficie de interfase (ver Figura 5-3), de modo que el primer tubo fuera del hormigón tenga completa libertad de movimientos (dentro de los límites que impone la junta). Para PN mayores a 16, se debería usar este método estándar, y la longitud del tramo corto del tubo debería mantenerse al máximo indicado en la Figura 5-3.

Precaución: Cuando empote un acople en hormigón, asegúrese de mantener la forma redondeada del mismo a fin de que el enchufado posterior en esta junta pueda ser realizado fácilmente. Alternativamente, monte la junta fuera del revestimiento antes de hormigonar.

Precaución: Debido a que el acople empotrado en concreto es rígido, es muy importante minimizar la deflexión vertical y la deformación del tubo adyacente.

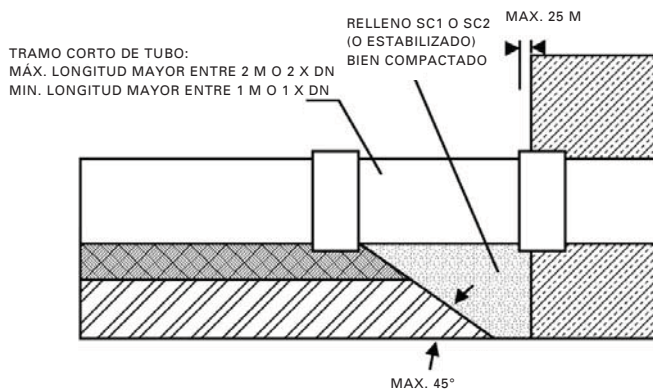


Figura 5-3: Conexión Estándar. Acople empotrado en concreto

Otra Alternativa

Cuando el procedimiento estándar no fuera posible, se envolverá (ver Figura 5-4) una banda (o bandas) de caucho (ver Tabla 5-4) alrededor del tubo antes de colocarle hormigón de modo que el caucho sobresalga ligeramente (25 mm) del hormigón.

Diagrame la tubería de modo tal que la primera junta de acople completamente expuesta quede colocada como muestra la Figura 5-4. Para PN mayores a 16 no se recomienda este método.

Lineamientos para la construcción.

1. Cuando se considere el diseño de la estructura de concreto, se deberá prestar atención a que todo asentamiento excesivo de la estructura relativa al tubo puede causar fallas en el mismo.
2. Se ha visto que incluir un tramo corto (tubo oscilante) cerca de la conexión rígida es un buen modo de acomodar los asentamientos diferenciales (ver Figura 5-3 y Figura 5-4). La longitud mínima del tramo corto deber responder al valor de mayor longitud entre 1 DN o 1 m y la máxima debe ser la mayor longitud entre 2 DN o 2 metros.

El tubo oscilante se utiliza para solucionar los asentamientos diferenciales que pudieran ocurrir.

El tubo oscilante debe estar perfectamente alineado con la estructura de concreto en el momento de la instalación para proporcionar la máxima flexibilidad para movimientos subsiguientes.

No se deben utilizar varios tramos cortos o tubos oscilantes ya que el escaso espacio entre los acoples podría causar inestabilidad. Los problemas de desalineación pueden solucionarse rehaciendo el lecho de asiento de los tramos de tubo que se unen al tubo oscilante.

- Se debe tener cuidado de reemplazar y compactar adecuadamente el relleno adyacente a la estructura de hormigón. La construcción de la estructura de hormigón por lo general requerirá de una sobreexcavación para la estructura de apuntalamiento y encofrado, etc. El material extraído debe ser restaurado para alcanzar un nivel de densidad compatible con los alrededores para prevenir un exceso de deformación o la rotación de la junta adyacente a la estructura. Los rellenos tipo SC1 o SC2 compactados a un 90% de la Densidad Proctor Estándar deben llevarse hasta el 60% del diámetro del tubo en la interfase con la estructura rígida (ver Figura 5-3 y 5-4) y hacerlos disminuir gradualmente. También puede utilizarse un relleno estabilizado (con cemento) para estas aplicaciones.

Diámetro	SN 2500 Presión, bares					SN 5000 y mayores
	1-3	6	9-10	12	15-16	
						Todas las presiones
300 - 700	A	A	A	A	A	A
800 - 900	C	C	C	C	C	C
1000 - 1200	C	C	C	C	C	C
1300 - 1400	C	C	C	C	-	C
1500 - 1600	C	C	C	-	-	C
1800 - 2000	C	C	-	-	-	C
2200 - 2400	C	-	-	-	-	C

Tabla 5-4: Configuración de las bandas de caucho

Ubicación de la banda de caucho

- Posicionar como lo muestran las Figuras 5-4 y 5-5.
- Encinte todos las uniones y bordes para asegurar que el concreto no se cuele entre el caucho y el tubo o entre las bandas de caucho.

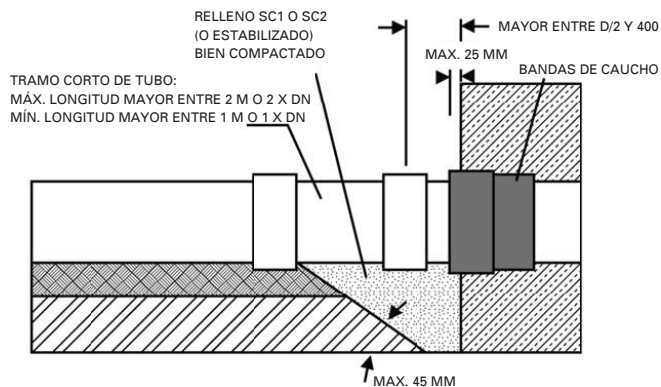


Figura 5-4: Conexión Alternativa- Bandas de caucho empotradas en concreto

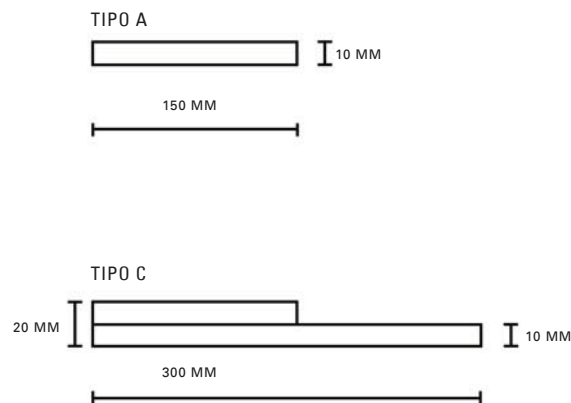


Figura 5-5: Configuración de la banda de caucho - El caucho será de dureza 50

5.3 ENCAMISADOS (TÚNELES)

Cuando tubería estándar Flowtite se instala dentro de un tubo camisa se deben observar las siguientes precauciones:

1. Los tubos deben posicionarse dentro del tubo camisa tirando de los mismos (por extracción) o empujándolos (por hincamiento).
2. Los tubos deben estar protegidos de los posibles daños causados por el deslizamiento colocando patines de madera atados al tubo como se muestra en la *Figura 5-6* o mediante espaciadores de plástico como se muestra en la *Figura 5-7*. Estos deben proporcionar la altura suficiente como para permitir un espacio libre entre las juntas y la pared del túnel.
3. La instalación dentro del revestimiento se facilita considerablemente utilizando lubricante entre los patines de madera y la pared del túnel. No utilice lubricantes en base a petróleo ya que pueden dañar los empaques de caucho.
4. El espacio anular entre el tubo camisa y el tubo puede rellenarse con arena, grava o una lechada de cemento. Deben adoptarse medidas para no sobrecargar o aplastar la tubería durante esta operación, especialmente cuando se utiliza lechada de cemento. El máximo de presión de la lechada se especifica en la *Tabla 5-5*.

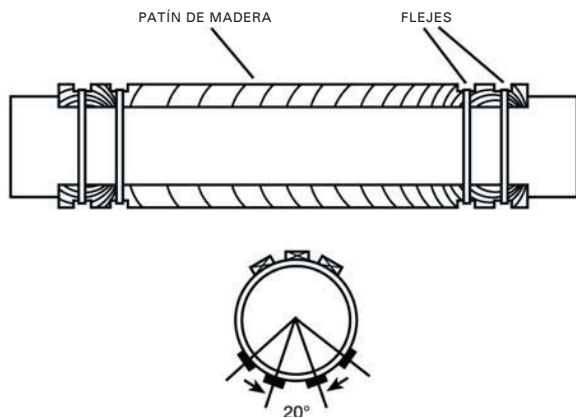


Figura 5-6: Utilización estándar de patines de madera

Nota: No amarre o calce el tubo de modo que se originen zonas de tensión o cargas puntuales o concentradas. Consulte con su proveedor antes de realizar esta operación para obtener recomendaciones sobre la adecuación del método elegido.

Nota: si el espacio anular no se rellena con lechada y el tubo queda sujeto a presiones negativas, la combinación entre la rigidez del tubo y la instalación debe ser suficiente para soportar la carga. Consulte con su proveedor.

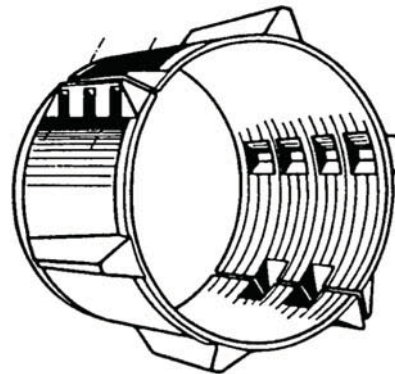


Figura 5-7: Espaciador de plástico

SN	Máxima presión de la lechada (bares)
2500	0,35
5000	0,70
10000	1,35

Tabla 5-5: Máxima presión de la lechada (Invert del tubo) sin soportes internos

También se pueden utilizar sistemas de tubos con junta rehundida.

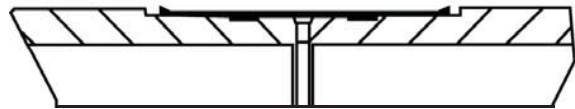


Figura 5-8: Junta rehundida

5.4 CONEXIONES A TANQUES Y PAREDES DE CONCRETO

Cuando se requiera hacer conexiones a tanques o paredes de concreto se deben tener precauciones especiales para garantizar la estanqueidad del sistema.

Conexión a cajas y manholes en sistemas a flujo libre.

Para el caso de cajas y manholes en sistemas a flujo libre, la conexión a la pared de concreto se hace mediante un acople PRFV estándar, el cual debe quedar embebido en la pared de concreto y debe ser colocado en su sitio antes del vaciado del concreto, como muestra la *Figura 5.9*.

A la salida y entrada a la caja se deben dejar tramos cortos de tubería para garantizar que en caso de asentamientos diferenciales no se generen en la tubería esfuerzos de flexión.

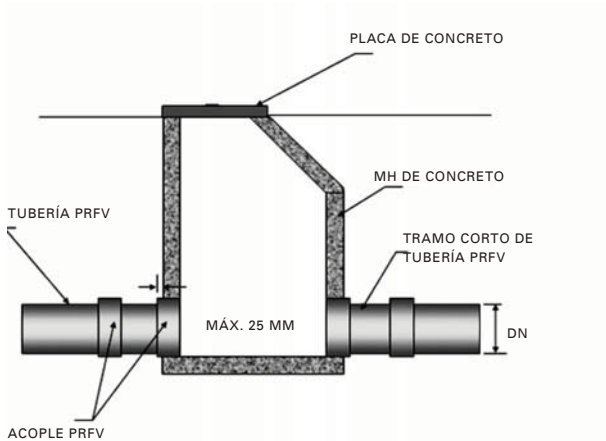
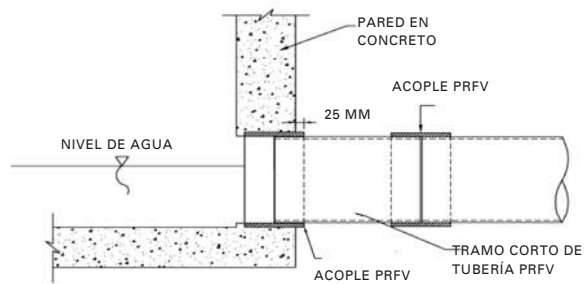


Figura 5-9: Conexión a cajas y manholes en sistemas a flujo libre

Conexión a tanques en sistemas a presión

Para la conexión a cajas o tanques en sistemas a presión, la conexión a la pared de concreto se debe hacer con un acople PRFV con vena cortaflujó, que queda embebido en el concreto; la vena cortaflujó va fabricada también en PRFV mediante laminado con mantas y resina de poliéster, el acople PRFV especial debe ser colocado en su sitio antes del vaciado del concreto; el esquema de instalación típico se muestra en la *Figura 5.10*. Para conexiones a estructuras especiales se debe consultar con el proveedor.

A la salida y entrada a la caja se deben dejar tramos cortos de tubería para garantizar que en caso de asentamientos diferenciales no se generen en la tubería esfuerzos de flexión.



Detalle de conexión con acople estándar

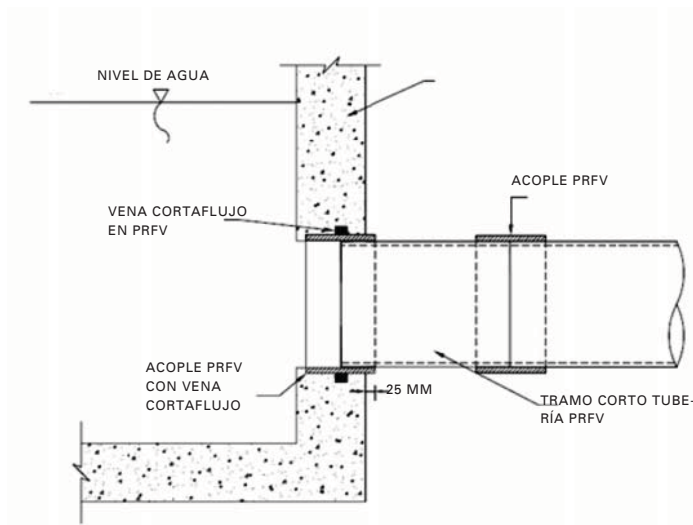
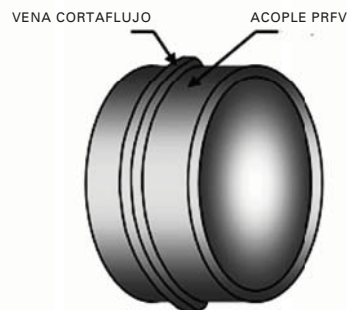


Figura 5-10: Conexión a tanques en sistemas a presión



Detalle de acople PRFV con vena cortaflujó



6. AJUSTES EN OBRA

6.1 AJUSTE DE LONGITUD

El diámetro exterior de la mayoría de los cuerpos de los tubos provistos por los fabricantes de tubos FLOWTITE se encuentra dentro del rango del espigo calibrada (Tabla 6-1). Estos tubos están normalmente identificados como Tubos de Ajuste o una denominación similar. Los siguientes procedimientos le ayudarán a realizar un correcto ajuste de longitud:

1. Asegúrese de que el diámetro del tubo se encuentre dentro del rango de tolerancia del espigo.
2. Determine la longitud requerida y marque un corte en ángulo recto sobre el tubo elegido.
3. Corte el tubo en el lugar apropiado utilizando una sierra circular con disco con acabado de diamante industrial. Utilice la protección necesaria para ojos, oídos y contra el polvo. Consulte al proveedor de los tubos acerca de las recomendaciones para estos casos.
4. Limpie la superficie del área de la junta, lije todas las asperezas y con una amoladora bisele el extremo del tubo para facilitar el montaje (ver la Figura 6-1). No se necesita pulido adicional.

Serie de diámetros	DN (mm)	Diám. exterior mínimo (mm)	Diám. exterior máximo (mm)	Ancho del espigo (mm)	L (mm)
B2	300	323,4	324,5	130,0	6
B2	350	375,4	376,4	130,0	8
B2	400	426,3	427,3	130,0	10
B2	450	477,2	478,2	130,0	12
B2	500	529,1	530,1	130,0	14
B1	600	616,0	617,0	160,0	17
B1	700	718,0	719,0	160,0	20
B1	800	820,0	821,0	160,0	20
B1	900	922,0	923,0	160,0	20
B1	1000	1024,0	1025,0	160,0	20
B1	1200	1228,0	1229,0	160,0	20
B1	1400	1432,0	1433,0	160,0	20
B1	1600	1636,0	1637,0	160,0	20
B1	1800	1840,0	1841,0	160,0	20
B1	2000	2044,0	2045,0	160,0	20
B1	2400	2452,0	2453,0	160,0	20
B1	2600	2656,0	2657,0	160,0	20
B1	2800	2860,0	2861,0	160,0	20
B1	3000	3064,0	3065,0	160,0	20

Nota: La serie B2 corresponde al diámetro exterior (OD) del espigo de fundición dúctil. La serie B1 corresponde al diámetro exterior (OD) específico de PRFV. En algunos países puede no utilizarse la serie de fundición dúctil (serie B2).

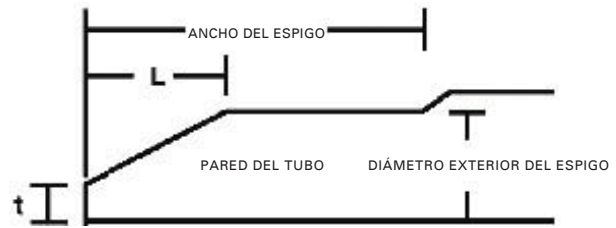


Figura 6-1: Definición de las dimensiones del espigo del tubo y del biselado para uniones con acople.

Nota: Para cierre de tramo en obra, como mínimo duplique el ancho del espigo.

El diseño de los tubos no requiere sellado del espigo después de los cortes de campo. Si existen requerimientos nacionales, por ejemplo por temas de mantenimiento, salud, seguridad, se debe cumplir con los mismos. Una aplicación, como mínimo, de un recubrimiento, en la zona del corte y biselado, con resina o barniz, ayudará a un mejor acabado del trabajo de campo.

Nota: Es de gran importancia, biselar ligeramente el canto interior del espigo cortado en obra, para "matar" el ángulo vivo.

6.2 REPARACIONES Y CIERRES EN CAMPO CON ACOPLER FLOWTITE

Los acoples FLOWTITE pueden utilizarse para realizar cierres de campo y reparaciones en obra. La longitud mínima del niple de reparación debe ser de un metro. Además, este niple no debe ser adyacente a un tramo corto, por ejemplo, al tramo corto que se utiliza para otorgar flexibilidad en adyacencias a las conexiones rígidas. (ver Figura 5-4)

Procedimiento

Mida la distancia entre los extremos de los tubos donde desee colocar el niple de reparación. El mismo debe ser entre 10 y 20 mm más corto que la longitud medida. Cuanto menor sea la separación, más fácil será realizar el cerramiento.



Figura 6-2: Montaje del tramo de cerramiento

Selección de los tubos

Elija un tubo que se encuentre dentro del rango de tolerancia del diámetro del espigo (tubo de ajuste).

Estos tubos contarán con la dimensión externa del espigo adecuada para realizar uniones a lo largo de toda la longitud del tubo. Si es posible, elija un tubo con una dimensión exterior que se encuentre en el extremo inferior del rango de tolerancia del espigo (ver *Tabla 6-1*).

Preparación del tubo

Marque la longitud de tubo requerida y realice un corte perpendicular (ángulo recto) respecto al eje del tubo, con la sierra circular. Utilice una herramienta pulidora para realizar un biselado de 20 grados sobre el extremo del tubo y redondee las "esquinas" o cantos vivos. Tenga cuidado de que el espesor restante en el extremo del espigo del tubo no sea menor a la mitad del espesor del tubo. Es también importante mantener una longitud mínima de chaflán, L, para guiar el extremo del tubo sin dañar el empaque de caucho. Respete las longitudes recomendadas en la *Tabla 6-1*. Luego de biselar, utilice un papel de lija para eliminar los bordes filosos de la superficie del tubo, producto del corte. Pula el espigo para eliminar todas las asperezas.

Nota: El ancho del espigo deber ser, al menos, igual al ancho del acople. Estos anchos serán el doble de los valores de la *Tabla 6-1*. Por favor, asegúrese de que la superficie no tenga estrías y que el diámetro exterior del espigo se encuentre dentro de los límites detallados en la *Tabla 6-1*.

Instalación

1. Seleccione dos acoples, quite los topes centrales de montaje y deje los empaques en su lugar. Limpie los acoples de ser necesario. El alojamiento del empaque debe estar libre de suciedad para permitir una libre deformación del empaque.
2. Lubrique cuidadosamente, incluso entre los labios.
3. Lubrique también los extremos limpios de los espigos de los niples de reparación con una capa delgada y uniforme de lubricante sin dejar de lado las superficies biseladas.
4. Coloque un acople en perfecta alineación sobre el extremo del niple de reparación de modo que el empaque de caucho esté en contacto en toda la circunferencia. Empuje o tire el acople uniformemente sobre el tubo de cierre hasta que el acople en su totalidad se apoye sobre el espigo del tubo. Podría ser necesario ayudar, con cuidado, a que el segundo

anillo se ubique sobre el extremo chaflanado de los tubos. Repita con el segundo acople en el otro extremo.

5. Marque las líneas de enchufado, para el montaje, sobre los extremos de los espigos de los tubos adyacentes para controlar el movimiento uniforme hacia atrás de los acoples. La ubicación de las líneas de enchufado se calcula de la siguiente manera:

$$HL = (Wc - Wg) / 2$$
 HL= línea de enchufado para el montaje
 Wc= ancho del acople
 Wg= ancho de la separación entre el tubo de cierre y el tubo adyacente (medido)
6. Coloque el tubo de cierre en la zanja alineado con los tubos adyacentes y con igual espacio libre en ambos extremos. Todo ángulo o inclinación puede complicar el proceso de montaje.
7. Limpie los extremos de los espigos de los tubos adyacentes y lubrique con una capa pareja y delgada. Instale herramientas especiales para colocar el acople nuevamente en posición de cierre, tirando del mismo (consulte a su proveedor acerca de estas herramientas). Se recomienda que ubique los acoples simultáneamente en ambos lados, mantenga el niple de reparación bien centrado y minimice el contacto con el extremo del tubo. Detenga la operación cuando el extremo del acople toque la línea de ayuda para el montaje. En caso de que el diámetro lo permita, se puede ubicar a una persona dentro del tubo para que controle el proceso de montaje.
8. Es importante que la compactación del relleno alrededor de un niple de reparación en obra no sea menor al 90% de SPD. A menudo el área de cierre es sobreexcavada para un mejor acceso. Se recomienda evitar el movimiento excesivo y las rotaciones de las juntas.

Nota: Luego de colocar el acople en su posición final se debe utilizar una galga palpadora para asegurarse de que los labios de los empaques de caucho se encuentren orientados correctamente.

6.3 REPARACIÓN Y CIERRES EN CAMPO CON JUNTAS DE OTRAS MARCAS.

Siga los lineamientos generales de la sección 6.2, excepto que el niple de reparación no siempre necesitará tener los extremos largos y mecanizados en los espigos. Se deben respetar los procesos de instalación especiales para las juntas a utilizar (ver *sección 4.5*).



7. OTRAS CONSIDERACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN

7.1 Zanja con tubos múltiples

Cuando se instalen dos o más tubos paralelamente en la misma zanja, la distancia de separación entre ellos deber ser la que se indica en la *Figura 7-1*. Así mismo, la distancia entre los tubos y la pared de la zanja debe ser la que se indica en la *Figura 3-1*.

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

Cuando esto no sea posible, se debe utilizar material de relleno del tipo SC1 o SC2 para rellenar el espacio entre el fondo de la zanja y el invertido de tubo que se encuentra más elevado. Se debe lograr un nivel de compactación adecuado (mínimo 90% SPD).

TAPADA HASTA 4M:
 $C \geq (D1+D2)/6$
PERO NO SERÁ MENOR A 150MM O AL SUFICIENTE ESPACIO PARA COLOCAR Y COMPACTAR EL RELLENO

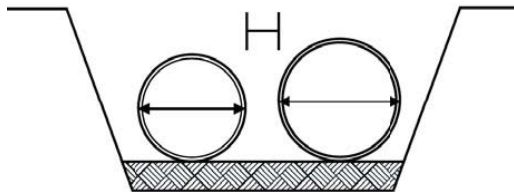


Figura 7-1: Espacio entre tubos en una misma zanja

7.2 Cruzamiento de tubos

Cuando dos tubos se cruzan, de modo que uno pase sobre el otro, la distancia vertical entre los tubos y la instalación del tubo inferior debe ser la que indica la *Figura 7-2*.

En algunos casos, puede ser necesario instalar un tubo bajo una tubería ya existente. En estos casos se deben tomar precauciones adicionales para no dañar la tubería ya existente. La misma puede protegerse fijándola a una viga de acero que cruce la zanja. También se recomienda forrar el tubo para protegerlo del impacto o contra posibles daños. Cuando se coloque un nuevo tubo, un material de relleno tipo SC1 o SC2 se debe depositar en la zanja y se debe compactar hasta un mínimo del 90% SPD en forma total alrededor de ambos tubos más unos 300mm por sobre la clave del tubo superior. Este relleno se debe extender hasta por lo menos el doble del diámetro en cada zanja, (ver *Figura 7-3*).

TAPADA HASTA 4 METROS
 $F \geq \frac{D1+D2}{6}$

PARA MÁS DE 4 METROS
 $F \geq \frac{D1+D2}{4}$

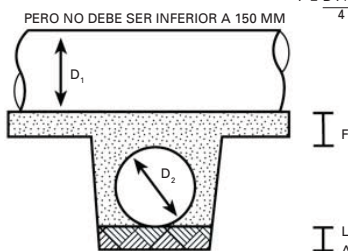


Figura 7-2: Cruzamiento de tubos

UTILICE SOLO MATERIALES DE RELLENO TIPO SC1 O SC2 COMPACTADOS HASTA UN MÍNIMO DE COMPACTACIÓN RELATIVA DEL 90%

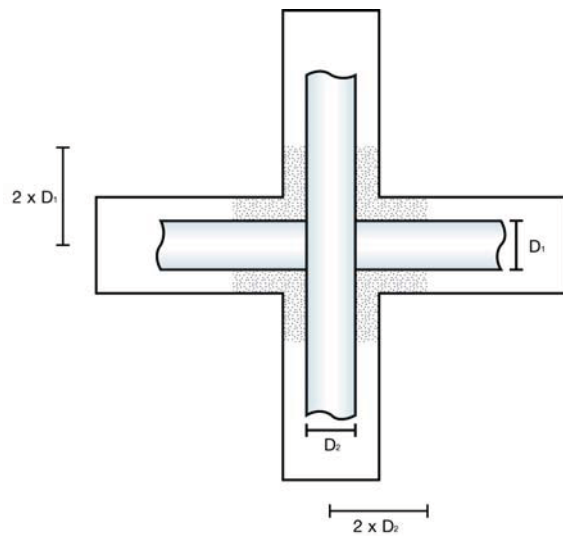


Figura 7-3: vista superior del relleno en los cruces de tubos

7.3 Zanja con fondo inestable

Se considera que el fondo de una zanja es inestable cuando consta de suelos blandos, sueltos o altamente expansivos. Cuando el fondo de la zanja sea inestable se deberá estabilizar antes de colocar el tubo o se deberá construir una fundación para minimizar los asentamientos diferenciales del fondo de la zanja. Para las capas de fundación se recomienda utilizar una grava arenosa bien gradada, compactada mínimo al 90% SPD o piedra triturada.

La profundidad del material grava arenosa o la piedra triturada utilizada para la fundación depende de la severidad de las condiciones del suelo del fondo de la zanja. Cuando se use piedra triturada, utilice un geotextil para rodear completamente la fundación y evitar así que los materiales de la fundación y el lecho de asiento se mezclen (migración), lo que podría causar una pérdida de apoyo del fondo de la zanja. El geotextil no es necesario si se utiliza el mismo material para la fundación y el lecho, o si se utiliza grava arenosa para la fundación. Además la máxima longitud de tubería entre juntas flexibles será de 7 metros.

7.4 ZANJA INUNDADA

Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de zanja, este debe ser deprimido como mínimo hasta el fondo (y preferiblemente 200mm por debajo del fondo) de la zanja antes de preparar el lecho de asiento. Se pueden utilizar distintos procedimientos para lograr este propósito, dependiendo de las características del suelo nativo. En caso de suelos arenosos o limosos, se recomienda utilizar un sistema de well point (puntas coladoras) conectados a una tubería principal y a una bomba de vacío. La distancia entre los puntos de aspiración individuales y la profundidad a la cual deben instalarse dependerá del nivel freático y la permeabilidad del suelo. Es importante utilizar un filtro alrededor del punto de succión (arena gruesa o grava) para evitar el taponamiento de los puntos de succión a causa de los granulos finos del material nativo.

Cuando el material nativo sea arcilla o roca, este sistema no podrá utilizarse. Es más difícil drenar el agua en estos casos. Se recomienda el uso de bombas y sumideros.

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

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

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

7.5 USO DE APUNTALAMIENTO DE ZANJA

Se debe tener cuidado de lograr el correcto soporte entre el suelo nativo y el relleno cuando se quita el sistema de entibado. La remoción del entibado en forma gradual y la compactación del relleno de la zona del tubo directamente contra la pared de la zanja proporciona el mejor soporte para el tubo y llena los espacios vacíos que tienen lugar frecuentemente detrás del enti-

bado. Si el entibado se quita luego de que se coloca el relleno en la zona del tubo, el relleno pierde apoyo, lo que reduce el soporte del tubo, especialmente cuando existen vacíos detrás de las hojas del entibado. Para minimizar la pérdida de soporte, el entibado debe ser removido mediante vibración.

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

En caso de entibados (tablestacados) permanentes, use un entibado de la longitud adecuada para distribuir correctamente las cargas laterales de los tubos al menos 300mm por sobre la clave del tubo.

La calidad del entibado permanente deber ser tal que dure por toda la vida útil del tubo.

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

7.6 CONSTRUCCIÓN DE LA ZANJA EN ROCA

Las dimensiones mínimas para la instalación de tubos en una zanja rocosa se indican en el punto 3.1.

Donde finaliza la roca y el tubo pasa a una zanja en suelo (o viceversa) se deben utilizar juntas flexibles (tramo corto) como se muestra en la *Figura 7-4*.

Como alternativa, puede utilizar un relleno de estabilizado con cemento (*ver sección 5.2*) para la fundación y el lecho de asiento de un tubo que soporta la transición de roca a suelo para evitar la necesidad de utilizar juntas flexibles. La construcción de la zanja debe realizarse de acuerdo con el método aplicable para las características del suelo nativo.

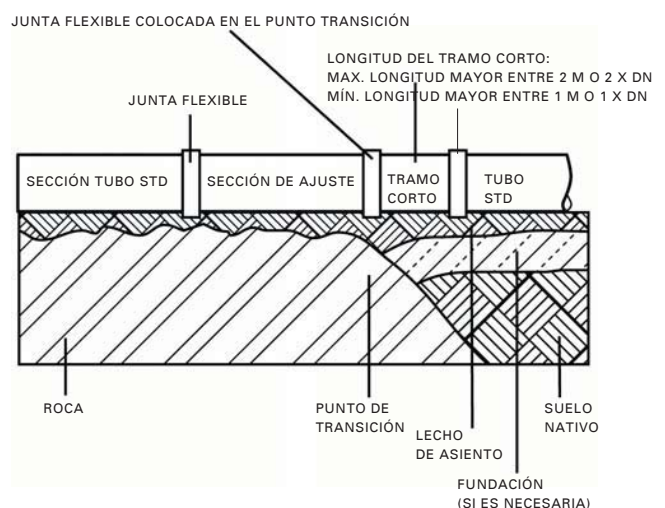


Figura 7-4: Método de construcción de zanja y sistema de colocación del tubo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos en las condiciones del lecho de asiento

7.7 SOBRE-EXCAVACIONES ACCIDENTALES

Cualquiera sobreexcavación accidental producida en las paredes de la zanja, la fundación o la zona del tubo debe ser rellenada con material de relleno compactado a un nivel de compactación relativa mínima del 90%.

7.8 INSTALACIÓN DE TUBERÍA EN PENDIENTE (PARALELO)

Generalidades

- El ángulo en el que una pendiente puede volverse inestable varía en función de la calidad del suelo. El riesgo de inestabilidad se incrementa en gran medida cuanto mayor sea el ángulo de inclinación.
- En general, no se deben colocar tubos en pendientes mayores a 15° o en áreas donde se sospeche que la pendiente es inestable, a menos que las condiciones de apoyo hayan sido constatadas mediante una investigación geotécnica.

Instalaciones aéreas

- En el caso de pendientes pronunciadas, el método de instalación de tubos en forma aérea es el más utilizado debido a que las estructuras de superficie, como los soportes para tubos, son más fáciles de definir, la calidad de la instalación más fácil de verificar y el asentamiento más fácil de detectar.
- Consulte el manual de instalación aérea para mayor información.

Instalaciones enterradas

Antes de instalar tubos enterrados en pendientes mayores a 15°, se recomienda consultar con el especialista en geotécnica. Los tubos FLOWTITE se pueden instalar en pendientes mayores a 15° siempre y cuando se respeten las siguientes condiciones:

- Que la estabilidad a largo plazo pueda ser garantizada por un diseño geotécnico adecuado.
- Para pendientes mayores a 15°, utilice el relleno tipo SC1 o estabilizado con cemento en la zona del tubo como material de relleno.
- Para pendientes mayores a 15° use una "costilla" de anclaje en el centro de cada tramo de tubería.
- La instalación debe comenzar en el punto más bajo y ascender por la pendiente. Cada tubo será rellenado hasta el nivel del suelo antes de colocar el próximo tubo en la zanja.
- La superficie que cubre la zanja debe estar totalmente protegida contra la erosión causada por los cursos de agua.
- Los tubos se instalan en alineación recta (+/- 0,2°) con un mínimo espacio entre los espigos de los tubos
- El movimiento absoluto a largo plazo del material de relleno en dirección axial del tubo debe ser menor a 20mm.
- La instalación se encontrará debidamente drenada para

evitar el corrimiento (lavado) de materiales y asegurar la adecuado resistencia al corte del suelo.

- La estabilidad de los tubos en forma individual se controlará a lo largo de la construcción y durante las primeras fases de operación. Esto puede realizarse controlando el espacio entre los espigos de los tubos.
- Si es necesario un diseño en especial, consulte con el proveedor de los tubos.

Perpendicular a una ladera

Cuando se instalen tubos en forma perpendicular a la línea de inclinación de una pendiente pronunciada, se recomienda que consulte con un experto geotécnico si la misma es mayor a 15° a fin de asegurar la estabilidad de la ladera.

La superficie de la zanja completa deberá estar configurada de modo tal que no existan depresiones y se evite la formación de acumulaciones de agua. La acumulación de agua en una ladera puede reducir la estabilidad de la misma.



8. ARREGLO DE VÁLVULAS Y CÁMARAS

La mayoría de las tuberías presurizadas poseen varias válvulas en línea para aislar un tramo del sistema de abastecimiento o distribución; válvulas de eliminación de aire o alivio (vacío) en puntos altos en la tubería para permitir el escape gradual del aire acumulado a fin de prevenir bloqueos o para permitir que el aire ingrese para evitar la falta de presión y cámaras de drenaje o limpieza. Todas estas piezas accesorias pueden utilizarse con los tubos FLOWTITE. La responsabilidad final respecto del diseño de la tubería recae en el técnico especializado. Sin embargo, a través de los años, los expertos de FLOWTITE Technology han observado diferentes métodos para incorporar estos accesorios a la tubería utilizando los tubos FLOWTITE. Esta sección está dedicada a ofrecer al diseñador o al contratista algunas guías sobre cómo posicionar las válvulas y cámaras en una tubería presurizada FLOWTITE.

8.1 ANCLAJE DE LAS VÁLVULAS “EN LA LÍNEA”

El tubo FLOWTITE está diseñado para operar con cargas axiales nominales pero no para soportar cargas de empuje y de esfuerzo cortante que pueden resultar de la inclusión de varias válvulas en la tubería. Las cargas de las válvulas deben ser restringidas externamente como lo indica la norma AWWA C600-93. Se describen dos métodos para el anclaje de válvulas. El mejor método dependerá de las condiciones operativas específicas de cada sistema. Generalmente, ello depende del diámetro del tubo y la presión a la cual opera el sistema.

Tipo 1: Este método puede ser utilizado en todos los casos excepto con válvulas de gran tamaño, que operen a altas presiones. El límite en el uso depende de la habilidad para colocar el sistema estructural de soporte dentro de la cámara. Dicho sistema debe diseñarse de modo que acepte el empuje axial total sin presionar excesivamente las bridas de las válvulas y las paredes de la cámara de válvulas de concreto reforzado. La cámara de válvula actúa como un bloque de anclaje y debe diseñarse para ello. La restricción del empuje se coloca del lado de la compresión de la válvula para transferir el empuje directamente a la pared de la cámara. El otro extremo de la tubería se encuentra relativamente libre para moverse axialmente y permitir así el movimiento debido a las diferencias térmicas y el efecto Poisson.

Se da por sentado en la Figura 8-1 que el empuje actúa en una sola dirección. Sin embargo, se debe considerar la posibilidad de la presión de retomo sobre una válvula cerrada que podría crear una carga de empuje en la dirección opuesta. En este caso, el sistema de soporte estructural se puede diseñar para manejar cargas en cualquiera de las dos direcciones.

El diseño debe correr por cuenta de un técnico especializado (ingeniero).

Se deben observar los siguientes lineamientos para diseñar un arreglo Tipo 1:

1. El empuje y el esfuerzo cortante de la válvula serán absorbidos por medio de un sistema de soporte de marco de acero. Se pueden proporcionar bridas y tubos FLOWTITE estándar para este método.
2. La cámara de válvulas debe estar diseñada de modo tal que acepte el empuje axial total y el peso vertical sobre la válvula. Los refuerzos locales de la fundación y paredes de la cámara deberán estar preparados para soportar las fuerzas axiales en los puntos de fijación.
3. La cámara de válvulas se diseñará como un bloque de anclaje para resistir el empuje axial. La selección del relleno, la colocación y compactación deberán ser suficientes como para resistir el asentamiento y las fuerzas laterales creadas por el cierre de la válvula. Limite el movimiento lateral para conservar la estanqueidad de la junta.
4. Debe haber un tramo corto colocado fuera de la cámara de válvulas, según las instrucciones para la instalación estándar.
5. El empuje es soportado por medio de la compresión del sistema de soporte estructural. No se transmitirán cargas axiales al tubo.
6. Utilice un relleno estabilizado con cemento o grava compactada a un 90% de la compactación relativa para llenar el vacío que queda por debajo del tubo que sale de la estructura de la cámara de válvulas (ver Figura 8-1).

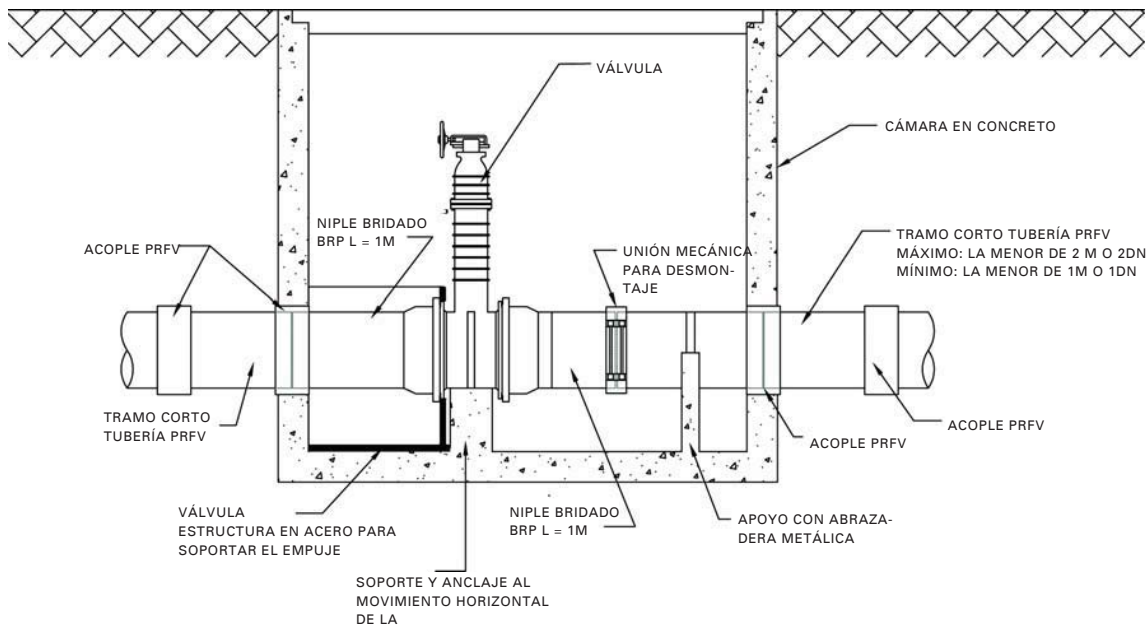


Figura 8-1: Tipo 1: Uso de un sistema de soporte estructural para absorber las fuerzas de empuje

Tipo 2: El método de anclaje (Ver Figura 8-2) se puede utilizar para cualquier aplicación. El único límite en su uso sería el tamaño de la cámara de válvulas. La cámara de válvulas se diseñará como un bloque de anclaje. Cuando las dimensiones de la superficie del bloque de anclaje requeridas son mayores que las dimensiones físicas de la cámara de válvulas, extienda las dimensiones del lado de aguas abajo de la cámara de válvulas para adaptarla a los requisitos del bloque de anclaje. La brida de restricción del empuje se coloca del lado de la compresión de la válvula para transferir el empuje directamente hacia la pared de la cámara, que actúa como bloque de anclaje. El otro extremo de la tubería se encuentra relativamente libre para moverse en forma axial y permitir el movimiento debido a las diferencias térmicas y el efecto Poisson. Se deben observar las siguientes instrucciones en los diseños del arreglo tipo 2:

1. El peso de la válvula se apoyará sobre la base de la cámara de válvulas. El empuje de la válvula cerrada será soportado por una transición bridada de acero anclado dentro de la pared de la cámara de válvulas por medio de una brida soldada en el lado de compresión de la válvula.
2. La transición entre la transición bridada de acero y el tramo corto estándar FLOWTITE, por fuera de la cámara de válvulas, será realizada por un acople de acero flexible o una junta mecánica de transición.
3. El otro extremo del tubo se encontrará libre para moverse axialmente mediante un empaque sellador de caucho en la válvula. Se requerirá una concentración de barras de refuerzo para soportar las fuerzas axiales provenientes de la brida de anclaje empotrada.
4. La cámara de válvulas se diseñará como un bloque de anclaje para resistir el empuje axial. La selección del relleno, la colocación y compactación deberán ser suficientes como para resistir el asentamiento y las fuerzas laterales creadas por el cierre de la válvula. Limite el movimiento lateral a 15 mm.
5. Debe colocarse un tramo corto fuera de la cámara (válvulas de acuerdo con las prácticas estándar de instalación (ver sección 5.2).
6. Utilice un relleno estabilizado con cemento o grava compactada al 90% de la compactación relativa para llenar el vacío que queda por debajo del tubo que sale de la estructura de la cámara de válvulas (ver Figura 5-3).

8.2 VÁLVULAS DE AIRE Y DE VACÍO

Es una práctica común colocar válvulas de escape de aire o una combinación de aire/vacío en puntos altos de una línea de transmisión extensa. Las válvulas estarán diseñadas para eliminar en forma lenta todo el aire acumulado en un punto alto de una tubería, el cual limitaría el flujo. Del mismo modo, las válvulas de alivio de vacío limitarían la presión negativa que puede experimentar una tubería, mediante su apertura, cuando una válvula percibe la baja presión.

El detalle de diseño y medidas de estas válvulas excede el alcance de esta guía de instalación. Sin embargo, aquí se ofrecen los lineamientos sobre el arreglo general de los accesorios y estructuras para acomodar estas válvulas "fuera de línea". Existen dos modos de acomodar las válvulas de escape aire/ vacío en una sistema FLOWTITE. El método más común consiste en montar la válvula directamente sobre una tobera bridada vertical. La conexión al ramal bridado en PRFV se debe hacer mediante un niple bridado en tubería metálica; ésta conexión debe quedar embebida en el concreto de forma que el niple metálico absorba todas las fuerzas de tensión y flexión que se puedan generar en la válvula.

Válvulas pequeñas aire/vacío

El modo más simple de colocar válvulas pequeñas aire/vacío consiste en montar la válvula directamente sobre una tobera bridada vertical que se alza desde el tubo principal que se encuentra debajo. La conexión al ramal bridado en PRFV se debe hacer mediante un niple bridado en tubería metálica; esta conexión

debe quedar embebida en el bloque de concreto de forma que el niple metálico absorba todas las fuerzas de tensión y flexión que se puedan generar en la válvula.

Por lo general, la válvula se encuentra en una cámara de concreto, que le proporciona un pasaje de aire seguro y sencillo a través del montaje de la válvula.

La Figura 8-3 proporciona una ilustración general de las características del arreglo.

Válvulas de alivio grandes aire/vacío (> 100mm)

En el caso de válvulas de alivio aire/vacío grandes, el método preferido para instalar estas válvulas pesadas no consiste en hacer recaer su peso directamente en el ramal de la tobera sino en utilizar una extensión en tubería metálica que conduzca hacia la válvula instalada en una cámara adyacente. La conexión al ramal bridado en PRFV se debe hacer mediante un niple bridado en tubería metálica; esta conexión debe quedar embebida en el bloque de concreto de forma que el niple metálico absorba todas las fuerzas de tensión y flexión que se puedan generar. Por favor, consulte la sección 5, Restricciones al Empuje, para obtener una guía sobre si se requiere un bloque de anclaje solamente o una combinación de bloques de anclaje y de tensión. En general si el diámetro del tubo del ramal tangencial (largo de cuerda) excede el 50% del diámetro del tubo principal, se requiere un bloque de anclaje/tensión. De otro modo, solo se requerirá un bloque de anclaje. La Figura 8-4 proporciona una ilustración general sobre los modos de colocar una válvula grande de aire/vacío con un tubo FLOWTITE.

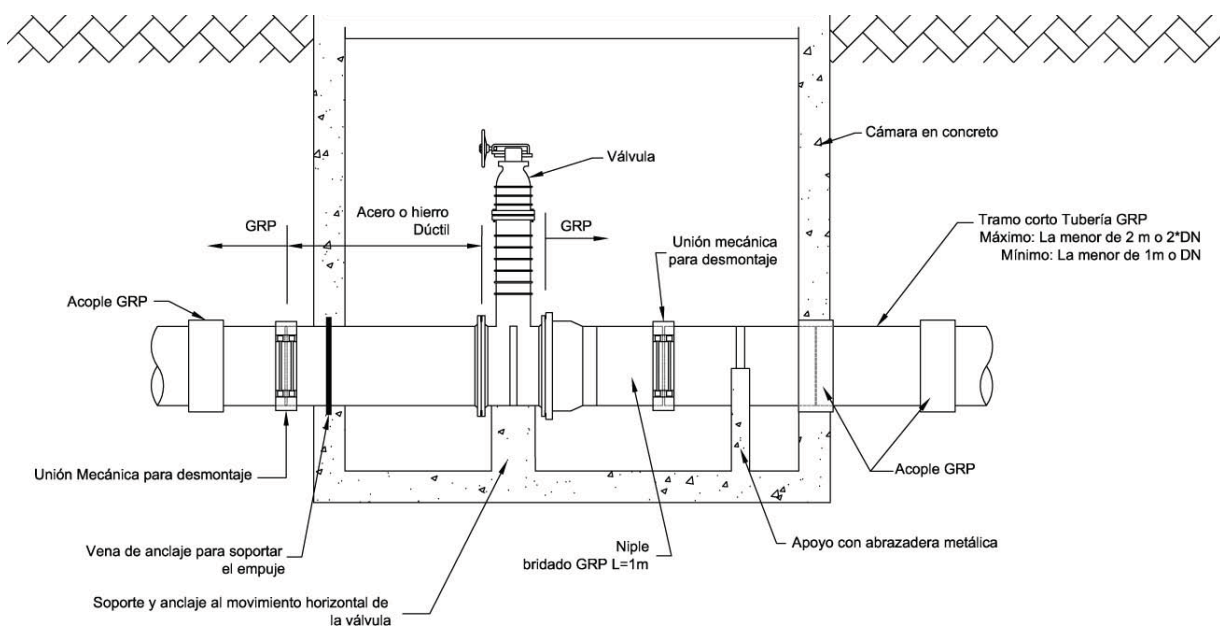


Figura 8-2: Tipo 2: Uso de brida de anclaje en acero para absorber las fuerzas de empuje

8.3 VÁLVULAS DE LIMPIEZA Y DEPURACIÓN

La colocación de las válvulas de limpieza y depuración es similar a la de las válvulas de aire de mayor diámetro, solo que el ramal se encuentra en forma tangencial en la parte inferior del tubo. Se aplican las mismas reglas para los bloques de anclaje, anclaje/tensión. Si el diámetro del tubo del ramal tangencial (largo de cuerda) excede el 50% del diámetro del tubo principal, se requiere un bloque de anclaje/tensión. De otro modo, solo se requerirá de un bloque de anclaje (Sección 7.1). La Figura 8-5 proporciona una ilustración general sobre los modos de colocar estos accesorios en una tubería presurizada FLOWTITE.

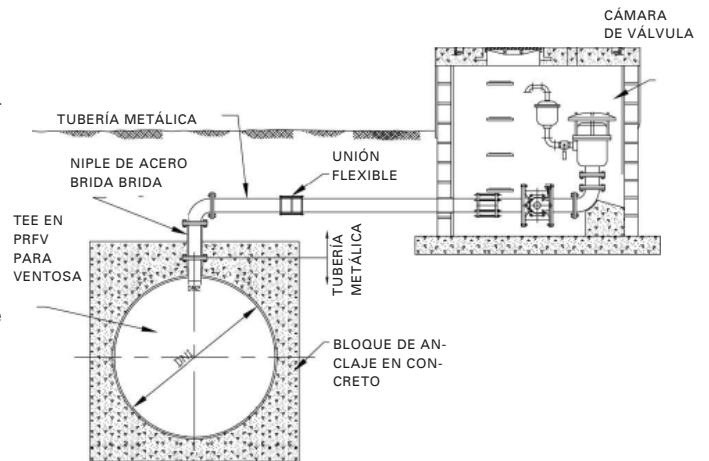


Figura 8-4: Detalle típico de instalación de una válvula de aire / vacío de gran diámetro

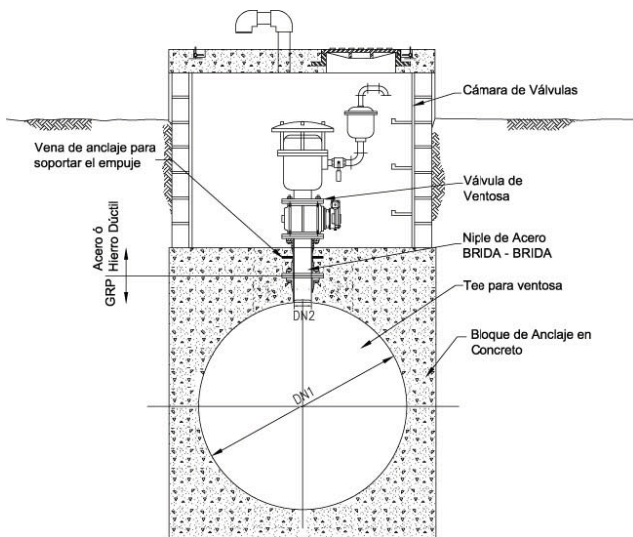


Figura 8-3: Detalle típico de instalación de una válvula de aire / vacío de diámetro pequeño.

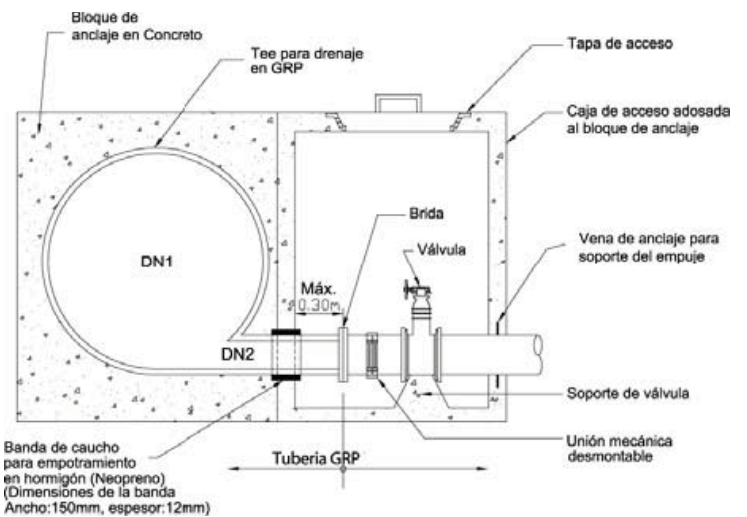


Figura 8-5: Detalle típico de instalación de válvulas de drenaje y limpieza

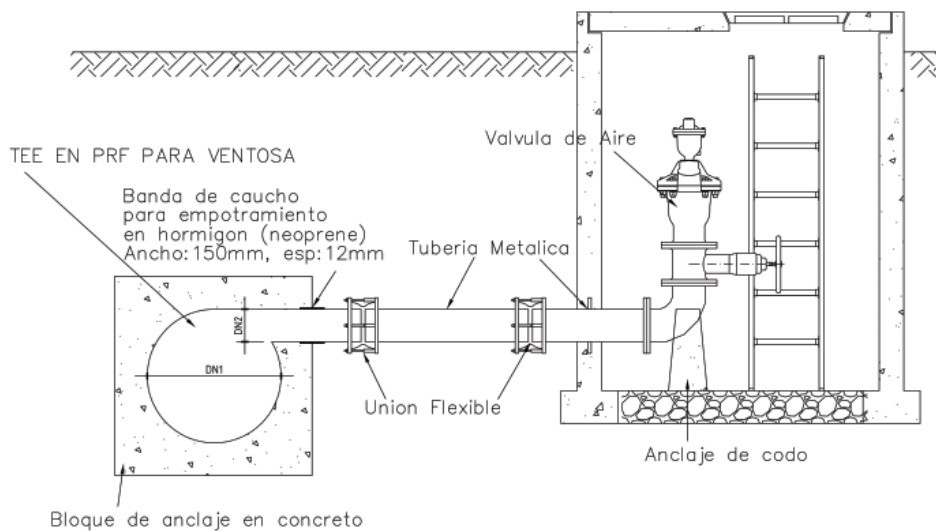


Figura 8-6: Detalle típico de instalación de válvula de aire



9. ACCIONES POSTERIORES A LA INSTALACIÓN

9.1 CONTROL DEL TUBO INSTALADO

Requisito: los valores máximos de deflexión diametral de una tubería instalada no deben exceder los valores iniciales y a largo plazo que se presentan en la *Tabla 9-1*. No se admiten bultos, achatamientos u otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo. Si los tubos instalados no se ajustan a estas limitaciones es posible que no funcionen según lo previsto. La verificación del cumplimiento de los requisitos de deflexión iniciales es fácil de realizar y debería efectuarse para cada tubo inmediatamente después de finalizar la instalación (normalmente en el plazo de las 24 horas posteriores luego de alcanzar el relleno máximo.) La deflexión inicial prevista para la mayoría de las instalaciones con relleno máximo es de aproximadamente el 2 %. Por lo tanto, un valor que exceda esta cifra indicará que la instalación no se ajusta a lo previsto y que deberá ser mejorada la instalación de tubos posteriores (por ejemplo, incrementado la compactación de la zona de relleno de la tubería, utilizando materiales de relleno de grano más grueso, excavando zanjas más anchas, etc.) Las mediciones de deflexión para cada tubo instalado se recomiendan como una buena verificación de la calidad de instalación del tubo. No debe permitirse la instalación de un tramo largo de tubería sin antes ir verificando su calidad. Esto le permitirá detectar y corregir a tiempo cualquier método inadecuado de instalación. Los tubos instalados cuyas deflexiones iniciales excedan los valores indicados en la *Tabla 9-1* deberán ser reinstalados de forma que la deflexión inicial se ajuste a los límites marcados en dicha Tabla.

Consulta la *sección 9.2* Corrección de las deflexiones excesivas para más información sobre las limitaciones aplicables a este tipo de trabajos.

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

1. Complete el relleno hasta el nivel del suelo.
2. Termine de retirar los entibados provisionales (en caso de que se hayan utilizado).
3. Desconecte el sistema de drenaje (en caso de que se haya utilizado).
4. Mida y registre el valor del diámetro vertical del tubo.

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

	% Deflexión del diámetro
Diámetros grandes (DN ≥ 300 mm)	3.0

Tabla 9-1: Deflexión vertical permitida

5. Calcule la deflexión vertical con la siguiente fórmula

$$\% \text{ Deflexión} = \frac{\text{DI inicial} - \text{DI vertical instalado} \times 100}{\text{DI inicial}}$$

El diámetro inicial (DI inicial) puede ser verificado o determinado midiendo los diámetros de un tubo que no haya sido instalado y que se encuentre depositado libremente sobre un suelo lo más plano posible (sin tubos apilados) o pidiendo directamente el valor al fabricante. Se calcula como sigue:

$$\text{DI inicial} = \frac{\text{DI vertical} + \text{DI horizontal}}{2}$$

(Ver Figura 9-1)

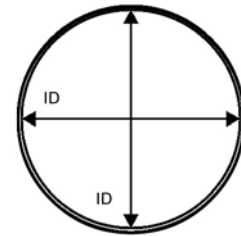


Figura 9-1: Determinación del diámetro inicial de un tubo no instalado

9.2 CORRECCIÓN DE LAS DEFLEXIONES EXCESIVAS

Cuando la deflexión diametral vertical de un tubo instalado supere los valores indicados en la *Tabla 9-1*, ésta deberá ser corregida para garantizar el funcionamiento de la tubería a largo plazo.

Procedimiento

Para tubos con deflexiones de hasta el 8% del diámetro.

1. Excave hasta el riñón del tubo, lo cual es equivalente al 85% del diámetro del tubo aproximadamente. Las excavaciones que se
2. realicen a los costados del tubo se deben llevar a cabo con herramientas manuales para evitar el impacto de equipos pesados sobre el tubo (ver *Figura 9-2*).
3. Revise si el tubo ha sido dañado. En caso afirmativo, deberá proceder a su reparación o sustitución.
4. Vuelva a compactar el material de relleno de la zona del riñón, asegurándose de que no está contaminado por material de relleno inapropiado.
5. Vuelva a rellenar la zona de la tubería por capas con el material adecuado, compactando cada capa hasta el nivel requerido de densidad de compactación relativa.
6. Rellene hasta el nivel del suelo y compruebe que la deflexión del tubo no supera los valores que Figuran en la *Tabla 9-1*.

Los tubos con deflexiones superiores al 8% deberán ser reemplazados por completo.

Precaución: No intente recuperar la redondez de un tubo deflexionado apretándolo o forzándolo, ya que podría dañar el tubo.

Si hay varias tuberías en una misma zanja, se deben tomar las precauciones necesarias para no amontonar la cobertura de un tubo sobre otro tubo. El aumento de peso sobre la superficie del tubo y la reducción de apoyo lateral podría magnificar una situación de sobre-deflexión.

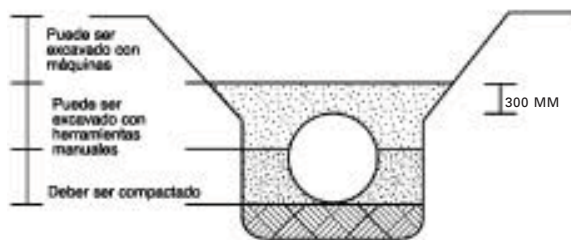


Figura 9-2: Excavación de un tubo con sobre-deflexión

9.3 PRUEBA HIDRÁULICA DE CAMPO

Algunas especificaciones de trabajo exigen que se realice un ensayo hidrostático de la instalación finalizada antes de proceder a su aprobación y puesta en servicio. Este tipo de ensayo resulta muy útil ya que permite detectar y corregir materiales dañados y defectos de instalación en las primeras etapas de instalación. Si se va a realizar un ensayo hidráulico, éste se debe efectuar de forma periódica a medida que se realiza la instalación.

Los buenos procedimientos de construcción indican que no debe instalarse más de 1000m de tubería sin someterla a prueba, a fin de comprobar la calidad del trabajo. El primer ensayo hidráulico en obra debería incluir al menos una válvula de aire o cámara de drenaje para evaluar la totalidad de la tubería. Además de los cuidados rutinarios, las precauciones normales y los procedimientos típicos utilizados en este ensayo, se deben tener en cuenta las siguientes sugerencias:

1. Preparación previa al ensayo. Revise la instalación final para asegurarse de que todos los trabajos hayan sido terminados correctamente. Los puntos más críticos a verificar son los siguientes:
 - La deflexión inicial del tubo debe limitarse a los valores de la *Tabla 9-1*.
 - Las juntas deben estar correctamente instaladas.
 - Los sistemas de contención (por ejemplo, los bloques de anclaje y otros) deben estar colocados y adecuadamente curados.

- Los pernos de las bridas deben estar ajustados según las instrucciones.
- El relleno debe haber finalizado. VER LA SECCIÓN A.6 SOBRE PROFUNDIDAD MÍNIMA DE INSTALACIÓN Y LIMITACIONES DE ALTA PRESIÓN Y ENSAYO.
- Las válvulas y bombas deben estar ancladas.
- El relleno y la compactación cercanas a las estructuras y tubos de cierre deben estar correctamente realizados.

2. Llene la tubería con agua. Abra las válvulas y respiraderos para dejar que salga todo el aire durante el llenado de la tubería y evitar sobrepresiones.
3. Presurice la línea lentamente. Cuando una línea está bajo presión, almacena una gran cantidad de energía que debe ser tenida en cuenta.
4. Asegúrese de que la posición del manómetro indique la presión más alta de la línea. De no ser así debe ajustarlo adecuadamente. Las posiciones más bajas de la línea tendrán presiones más altas debido a la carga adicional.
5. Asegúrese de que la presión de ensayo no sobrepase 1,5 x PN. Normalmente la presión del ensayo en obra es un múltiplo de la presión operativa o la presión operativa más un pequeño incremento. Sin embargo, en ningún caso la presión debe sobrepasar 1,5 x PN.
6. Si después de un breve plazo de estabilización la línea no mantiene una presión constante, debe asegurarse de que ello no se deba al efecto térmico (un cambio de temperatura), la expansión de la tubería o a la presencia de aire atrapado en la tubería. Si se determina que la tubería tiene una fuga que no puede ser fácilmente localizada, los siguientes métodos pueden contribuir a detectar el origen del problema:
 - Verifique las zonas con bridas y válvulas.
 - Revise los puntos de derivación de la tubería.
 - Use un equipo de detección por sonido.
 - Realice pruebas de la línea en tramos cortos para aislar la fuga.

9.4 CONTROL DE LAS JUNTAS EN OBRA PARA CASOS ESPECIALES

Para instalaciones singulares, que además tengan diámetros iguales o superiores a 800mm se pueden realizar verificaciones hidráulicas internas de las juntas, con un equipo portátil.

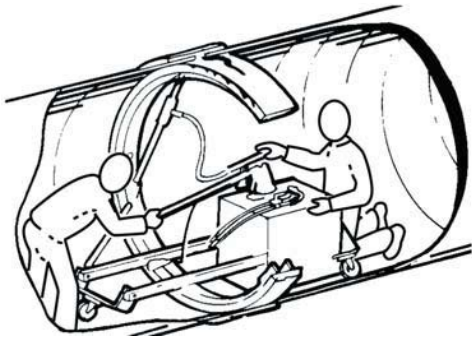


Figura 9.3: Control de las juntas en obra para casos especiales

Precaución: Este equipo ha sido diseñado para verificar que la junta ha sido montada con los empaques de caucho en la posición correcta. El equipo opera a una presión máxima de prueba de 4 bares.

9.5 ENSAYO CON AIRE EN OBRA

Para los sistemas de tubería por gravedad (PN 1 bar) existe un tipo de ensayo de fuga utilizando aire en lugar de agua. Además de los cuidados rutinarios, las precauciones normales y los procedimientos típicos usados durante este ensayo, deberán tenerse en cuenta las siguientes sugerencias:

1. Al igual que en el caso del ensayo hidráulico, la prueba se debe conducir en tramos cortos de tubería, como puede ser el tramo comprendido entre dos bocas de registro adyacentes.
2. Se debe estar seguro de que la tubería y todos los materiales, tramos, accesos, derivaciones, etc., estén convenientemente conectados o taponados y fijados para soportar la presión interna.
3. Presurice lentamente el sistema a 0,24 bares. Se debe regular la presión para impedir una sobrepresión (máximo 0,35 bares).
4. Permita que la temperatura del aire se estabilice durante algunos minutos mientras se mantiene la presión a 0,24 bares.
5. Durante el período de estabilización se recomienda verificar todos los puntos taponados y conectados con una solución jabonosa para detectar si existe una fuga. Si se encuentra una fuga en alguna de las conexiones, se debe desconectar el sistema de presión, sellar el capuchón o tapón defectuoso y volver a empezar desde el punto 3.

6. Después del periodo de estabilización, se debe ajustar a presión del aire a 0,24 bares y cortar o desconectar el suministro de aire.
7. La tubería pasará el ensayo si la caída de presión es igual o inferior a 0,035 bar durante los periodos de prueba indicados en la Tabla 9-2.
8. Si la sección de la tubería bajo ensayo no cumple los requisitos de aceptación del ensayo con aire, los cierres para pruebas neumáticas pueden ser montados próximos uno de otro y desplazados en ambos sentidos a lo largo de la tubería, repitiendo el ensayo por aire en cada punto hasta detectar la fuga. Este método de localización es muy preciso y permite detectar fugas en una distancia de uno a dos metros. Con ello se minimiza el área a excavar para realizar las reparaciones y se reducen los costos y el tiempo de reparación.

Precaución: Durante la presurización de la tubería se almacena gran cantidad de energía. Esto es especialmente cierto cuando el medio de ensayo utilizado es el aire (incluso a bajas presiones). Por tanto, se debe verificar que la tubería está adecuadamente restringida en los cambios de dirección de la misma y seguir las precauciones de seguridad del fabricante para elementos tales como las conexiones neumáticas.

Nota: Este ensayo determina la velocidad a la que el aire se escapa de un tramo aislado de tubería. Se utiliza para determinar la presencia o ausencia de daños en la tubería y para determinar si las juntas han sido montadas correctamente.

Diámetro (mm)	Tiempo (min)	Diámetro (mm)	Tiempo (min)
300	7,75	1200	30.00
350	8,75	1300	32.50
400	10,00	1400	35.00
500	12,50	1500	37.50
600	15,00	1600	40.00
700	17,50	1800	45.00
800	20,00	2000	50.00
900	22,50	2200	55.00
1000	25,00	2400	60.00
1100	27,50		

Tabla 9-2. Tiempo de prueba para el ensayo con aire



10. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE INSTALACIÓN

Si los requisitos de profundidad de enterramiento para la rigidez de tubo seleccionada, el tipo de instalación y el grupo de suelo nativo excede los límites posibles de compactación, se debe considerar aplicar otros métodos alternativos.

Existen tres métodos alternativos:

- Una zanja más ancha
- Entibado permanente (ver sección 7.5)
- Relleno estabilizado (cemento)

10.1 ZANJA ANCHA

El incrementar el ancho de la zanja permite una mayor distancia entre el suelo nativo débil y el tubo, permitiendo así realizar una instalación más profunda y admitir una mayor presión negativa (vacío).

10.2 RELLENO ESTABILIZADO CON CEMENTO

Alcance

El cemento se mezcla con el suelo arenoso y húmedo y dicha mezcla se coloca y compacta como un material de relleno común. La cantidad de cemento Pórtland que se agrega al suelo arenoso es de aproximadamente 4 a 5 partes por cada cien partes de suelo. El nivel de humedad generalmente está en el rango de 6 a 18% (depende del tipo de suelo, porcentaje de finos, etc). La densidad de compactación requerida depende de la profundidad de la cobertura antes de permitir que el relleno estabilizado fragüe. Si la profundidad de cobertura deseada es pequeña, la densidad requerida es baja.

El relleno de estabilizado con cemento puede fraguar en uno o dos días y la cubierta puede ser colocada en su totalidad, con una profundidad de cobertura máxima total de 5m.

Mezcla

Cien partes de suelo (peso en seco), 4 a 5 partes de cemento Pórtland y 12% de agua (+/-6%). Tenga en cuenta la humedad natural del suelo antes de agregar agua. El suelo puede ser del tipo SC2 o SC3. El tipo SC2 es más fácil de mezclar. Sin embargo, se puede utilizar el otro tipo. La mezcla puede realizarse sobre el suelo extendiendo una capa de suelo de relleno y una fina capa de cemento sobre el mismo, y luego mezclarlos. Esta mezcla puede realizarse a mano, con un azadón o en forma mecánica utilizando un dispositivo apropiado. El relleno deberá colocarse dentro de las dos horas de realizada la mezcla.

Compactación

El relleno estabilizado con cemento alcanzará un nivel de rigidez adecuado sin la necesidad de una compactación importante. Asegúrese de colocar relleno debajo del riñón del tubo y compactelo con una herramienta especial para tal fin. Se debe utilizar un compactador Whacker para compactar el relleno de cemento estabilizado cercano al tubo. Una pasada del compactador con capas de 300mm es suficiente en casi todos los casos en los que la profundidad de cobertura es menor a 2m. Controle la deflexión del tubo para asegurarse de que la compactación sea la adecuada para dar apoyo al tubo. Si la deflexión inicial excede el 2,5%, incremente la compactación o utilice una cubierta menor hasta que el relleno estabilizado con cemento fragüe en uno o dos días.

Si se coloca una cobertura con una profundidad importante antes de que el relleno estabilizado con cemento fragüe, será preciso un mayor nivel de compactación para evitar la excesiva deflexión del tubo. Mantenga la deflexión inicial hasta un 2,5%. La cantidad de esfuerzo de compactación requerido depende de la profundidad de la cobertura, la altura de la capa y el suelo específico utilizado en la mezcla.

Se recomienda utilizar un relleno estabilizado en la inmediata cercanía a grandes bloques de anclaje o cámaras de válvulas y en áreas donde la sobreexcavación sea significativa.



ANEXO AWWA M45

	PAG.
ANEXO A: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	36
A.1 Principios de diseño	5
A.2 Grupos de rigidez del suelo nativo	6
A.3 Módulos del material de relleno, confinado, Msb	7
A.4 Ancho de zanja	8
A.5 Presión negativa	8
A.6 Limitaciones de instalación – Mínimo	10
A.7 Carga sísmica	11
A.8 Migración del relleno	15
ANEXO B: TABLAS DE INSTALACIÓN	16
ANEXO C: CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS NATIVOS	19
ANEXO D: CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE RELLENO	20
ANEXO E: ENSAYOS DE CAMPO PARA AYUDAR A LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS NATIVOS	21
ANEXO F: COMPACTACIÓN DEL RELLENO	22
ANEXO G: DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA	23
ANEXO H: PESOS APROXIMADOS DE TUBOS Y ACOPLES	24
ANEXO I: REQUERIMIENTO DE LUBRICANTE PARA EL ENCHUFADO	26
ANEXO J: LIMPIEZA DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO FLOWTITE	27
	28



ANEXO A: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

La durabilidad y buen rendimiento de los tubos FLOWTITE depende de una correcta manipulación e instalación de los mismos. Los tubos FLOWTITE son flexibles y permiten que el diseñador utilice el lecho de asiento y la zona de relleno del tubo como apoyo. Juntos, el tubo y el relleno de la zona del tubo conforman el "sistema tubo-suelo" proporcionando la ya comprobada larga vida y rendimiento.

Los dos métodos de diseño más ampliamente aceptados para la instalación de los tubos de PRFV se basan en las indicaciones proporcionadas por la Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) o la American Water Works Association (AWWA). Ambos métodos han sido utilizados con éxito durante décadas. Este anexo se basa en las indicaciones vigentes de la AWWA.

A.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO

Un tubo flexible como el tubo FLOWTITE se deflexiona cuando se encuentre sometido a cargas de suelo y tráfico. Cuando se deflexiona, el incremento en el diámetro horizontal del tubo desarrollará la resistencia pasiva del suelo que contrarresta la deflexión. La magnitud de deflexión necesaria para generar suficiente presión del suelo para resistir cualquier carga primariamente dependerá de la rigidez del material de relleno y el suelo nativo, así como del ancho de la zanja. La deflexión inicial del tubo, medida luego del rellenado completo puede considerarse como un indicador directo de la calidad de la instalación del tubo.

El asentamiento y consolidación del suelo alrededor del tubo puede causar un incremento en la deflexión del tubo con el paso del tiempo. En casi todos los casos, esto tendrá lugar, principalmente, durante el primero o segundo año luego de la instalación. Después de este período, la deflexión se estabilizará.

Las deflexiones iniciales no deben exceder los valores de la Tabla A-1. Los tubos instalados fuera de estos límites pueden no tener el rendimiento esperado.

El tipo de instalación apropiada para los tubos FLOWTITE varía de acuerdo con las características del suelo nativo, la profundidad de la cobertura, las condiciones de carga y los materiales de relleno disponibles. El suelo nativo y los materiales de relleno deben ser los adecuados para el enterramiento del tubo y el soporte adecuado del mismo.

El apoyo del suelo circundante se define en términos del módulo unidimensional o restringido del suelo M_s , en la elevación del tubo. Para determinar el M_s para un tubo enterrado, se deben determinar por separado los valores M_s para los suelos nativos, M_{sn} , y el relleno que rodea al tubo, M_{sb} . Estos valores deben luego combinarse dependiendo del ancho de zanja.

Los parámetros más importantes para el diseño de la instalación se indican en la Figura A-1. La rigidez del suelo nativo, la profundidad de enterramiento, el nivel freático, la carga viva, y el vacío interno deben determinarse de acuerdo con las condiciones a lo largo del recorrido de la tubería planificada. De acuerdo con esta información y el material de relleno disponible, se seleccionará la compactación del relleno, el ancho de zanja y la rigidez del tubo.

Las Tablas de diseño para la instalación de los tubos que muestran la compactación mínima del relleno se encuentran en el Anexo B. Allí se describen las instalaciones y condiciones de operación más comunes. Se proporcionan Tablas para las combinaciones seleccionadas de 1) nivel freático, 2) cargas de tráfico, 3) vacío interno y 4) ancho de zanja.

Las Tablas muestran la compactación mínima del relleno para las diferentes profundidades de enterramiento para todas las combinaciones de materiales de relleno, suelos nativos y rigidez de tubos. Todas las Tablas son válidas para la presión de trabajo dentro del rango de presión atmosférica a nominal del tubo.

La deflexión inicial esperada es menor al 2% para la mayoría de las instalaciones del Anexo B. Por lo tanto, mientras las deflexiones iniciales de la Tabla A-1 son aceptables para el rendimiento del tubo, todo valor que exceda los esperados indica que la ins-

	% Deflexión del diámetro
Grandes diámetros (DN \geq 300)	3.0

Tabla A-1 Deflexión vertical permitida

talación no se ha realizado correctamente y debe ser mejorada para los siguientes tubos (por ejemplo: mejorar la compactación del relleno en la zona del tubo, utilizar materiales de relleno de grano mas grueso para la zona del tubo o una zanja más ancha, etc).

Los Anexos desde C hasta G le darán información sobre los suelos nativos y de relleno.

Anexo C - Clasificación y propiedades de los suelos nativos

Anexo D - Clasificación y propiedades de los suelos de relleno

Anexo E - Ensayos en obra para contribuir a la clasificación de los suelos nativos

Anexo F - Compactación del relleno

Anexo G - Definiciones y Terminología

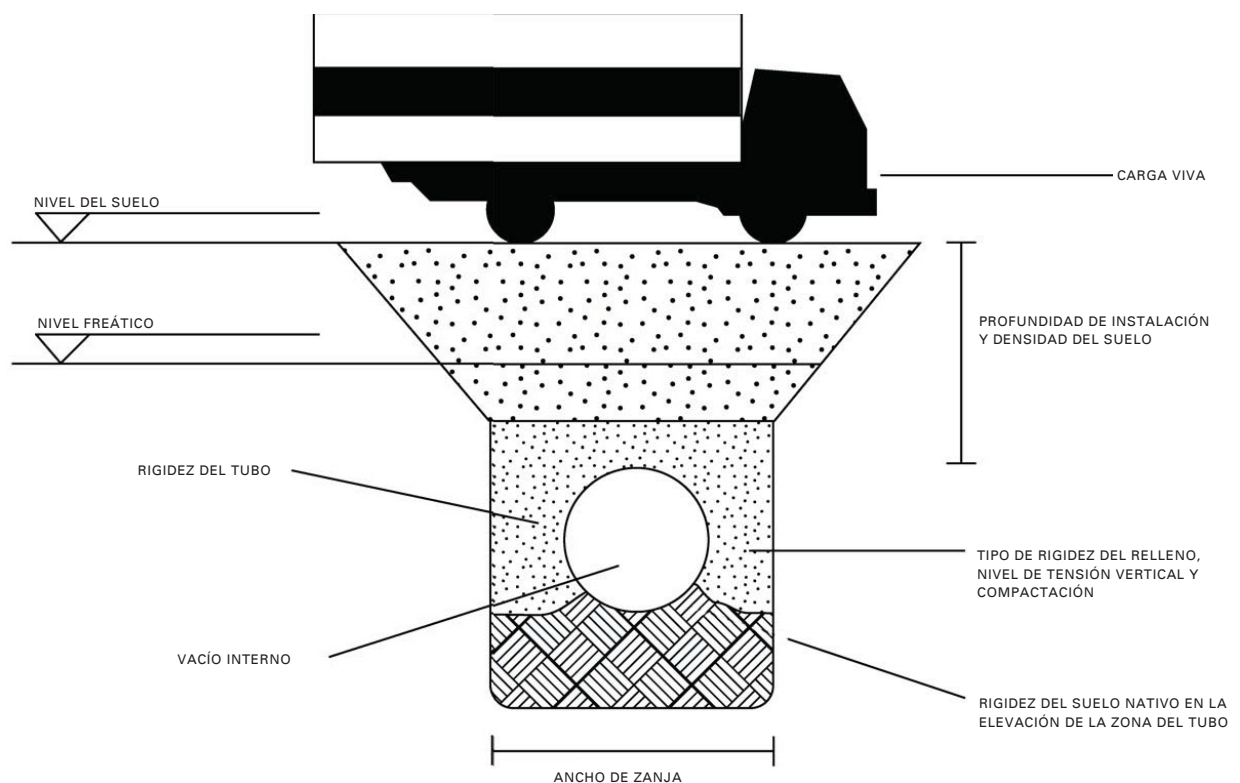


Figura A-1 Parámetros de diseño de la instalación.

A.2 GRUPOS DE RIGIDEZ DE SUELOS NATIVOS

El soporte de un suelo nativo se define en términos del módulo del suelo unidimensional o restringido M_{sn} en la elevación del tubo. Para diseñar instalaciones de tubos, los suelos nativos se clasifican por grupos de rigidez. En la Tabla A-2 encontrará breves descripciones de los grupos de rigidez de suelos nativos. El Anexo C le proporcionará definiciones detalladas para los grupos de suelos nativos.

Se deben realizar pruebas del suelo nativo frecuentemente y en especial cuando se espera que se produzcan cambios. Las propiedades de importancia son la que se obtienen en el lecho de asiento y la elevación de la zona del tubo. El número de golpes o valores resistentes del suelo deben representar la condición más severa (la más débil) que se espera encontrar por un período de tiempo importante. (Normalmente esto ocurre cuando el nivel freático se encuentra en su mayor elevación).

A.3 MÓDULO DE RELLENO CONFINADO M_{sb}

La medida del nivel de soporte del suelo de relleno se expresa mediante el módulo de relleno confinado en Mpa. Para el diseño de las instalaciones de tuberías, los suelos de relleno apropiados se clasifican según cuatro diferentes categorías de rigidez SC1, SC2, SC3 y SC4.

Podrá encontrar una breve descripción de las categorías de rigidez del relleno en la Tabla A-3. Para cierta categoría dada de rigidez del relleno, cuanto mayor sea la compactación, mayores serán el módulo del suelo y el soporte. Además, el módulo del suelo también se incrementa con el nivel de tensión vertical del suelo, es decir, con la profundidad de enterramiento.

Las Tablas A-4 hasta A-7 proporcionan los valores M_{sb} para las categorías de rigidez de relleno SC1, SC2, SC3 y SC4 en función del % de la Densidad Proctor Estándar (SPD) y el nivel de tensión vertical.

Los valores se aplican a tubos instalados sobre el nivel freático, Para tubos instalados por debajo del nivel freático, el módulo del suelo, se reducirá para las clases de suelos por menor rigidez y menor compactación (ver valores entre paréntesis). Los niveles de tensión vertical consisten en la tensión vertical efectiva que ocurre en la elevación de el diámetro horizontal del tubo (springline: línea de resortes). Normalmente se la calcula como el peso unitario del suelo de diseño por la profundidad de relleno. Por debajo del nivel freático se debe utilizar el peso unitario sumergido.

La descripción de las categorías de rigidez del suelo de relleno se encuentra en el Anexo D.

Grupos de suelos	Granular	Descripción	Cohesivo		Módulo
	Conteo de golpes		qu kPa	Descripción	M_{sn}
1	>15	Compacto	>200	Muy rígido	34,50
2	8 - 15	Levemente compacto	100 - 200	Rígido	20,70
3	4 - 8	Suelto	50 - 100	Medio	10,30
4	2 - 4		25 - 50	Blando	4,80
5	1 - 2	Muy suelto	13 - 25	Muy blando	1,40
6	0 - 1	Muy, muy suelto	0 - 13	Muy, muy blando	0,34

Tabla A-2 Grupos de Rigidez de Suelos Nativos. Valores del Módulo restringido, M_{sn}

Grupos de suelos de Relleno	Descripción de los suelos de relleno
SC1	Piedra triturada con <15% de arena, máximo de 25% que pase por el tamiz de 9,5 mm y máximo de 5% de material fino
SC2	Suelos limpios de grano grueso: SW,SP ¹⁾ , GW, GP o cualquier suelo que comience con uno de estos símbolos con 12% de material fino o menos ²⁾
SC3	Suelo de grano grueso con material fino: GM,GC,SM,SC o cualquier suelo que comience con alguno de estos símbolos con 12% de finos o más ²⁾ . Suelos de grano fino, arenosos o con grava: CL, ML, (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con un 30% o más que quede retenido en tamiz número 200.
SC4	Suelos de grano fino: CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con un 30% o menos que quede retenido en tamiz número 200.

Nota: Los símbolos en la Tabla corresponden a la Designación de la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification Designation ASTM D2487) 1) Arena fina y uniforme, SP, con más del 50% que pase el tamiz número 100 (0,15mm). Es muy sensible a la humedad y no se recomienda como relleno 2) El % de material fino es el porcentaje del peso de las partículas de suelo que pasan por tamiz número 200 con una abertura de 0,076mm.

Tabla A-3 Clasificación del tipo de suelo de relleno

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar	
		Compactado	Arrojado
m	KPa	MPa	MPa
0,4	6,9	16,2	13,8
1,8	34,5	23,8	17,9
3,7	69,0	29,0	20,7
7,3	138,0	37,9	23,8
14,6	276,0	51,7	29,3
22,0	414,0	64,1	34,5

Tabla A-4 M_{sb} para Grupos de Suelo de Relleno SC1

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9	16,2	13,8	8,8 (7,5)	3,2 (2,4)
1,8	34,5	23,8	17,9	10,3 (8,8)	3,6 (2,7)
3,7	69,0	29,0	20,7	11,2 (9,5)	3,9 (2,9)
7,3	138,0	37,9	23,8	12,4 (10,5)	4,5 (3,4)
14,6	276,0	51,7	29,3	14,5 (12,3)	5,7 (4,3)
22,0	414,0	64,1	34,5	17,2 (14,6)	6,9 (5,2)

Tabla A-5 M_{sb} para Grupos de Suelo de Relleno SC2

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9		9,8 (4,9)	4,6 (2,3)	2,5 (1,3)
1,8	34,5		11,5 (5,8)	5,1 (2,6)	2,7 (1,4)
3,7	69,0		12,2 (6,1)	5,2 (2,6)	2,8 (1,4)
7,3	138,0		13,0 (6,5)	5,4 (2,7)	3,0 (1,5)
14,6	276,0		14,4 (7,2)	6,2 (3,1)	3,5 (1,8)
22,0	414,0		15,9 (8,0)	7,1 (3,6)	4,1 (2,1)

Tabla A-6 M_{sb} para Grupos de Suelo de Relleno SC3

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9		9,8 (4,9)	1,8 (0,54)	0,9 (0,27)
1,8	34,5		4,3 (1,29)	2,2 (0,66)	1,2 (0,36)
3,7	69,0		4,8 (1,44)	2,5 (0,75)	1,4 (0,42)
7,3	138,0		5,1 (1,53)	2,7 (0,81)	1,6 (0,48)
14,6	276,0		5,6 (1,68)	3,2 (0,96)	2,0 (0,60)
22,0	414,0		6,2 (1,86)	3,6 (1,08)	2,4 (0,72)

Tabla A-7 M_{sb} para Grupos de Suelo de Relleno SC4

Nota: Los valores M_{sb} para los niveles intermedios de tensión vertical que no se encuentran en la Tabla A-4 a la Tabla A-7 se pueden obtener por interpolación.
 Nota: El % máximo de Densidad Próctor Estándar indica la densidad en seco del suelo compactado como un porcentaje de densidad en seco máxima determinada de acuerdo con la norma ASTM D 698.
 Nota: Los datos en paréntesis () representan el valor reducido M_{sb} cuando el relleno está por debajo del nivel freático.

A.4 ANCHO DE LA ZANJA

El soporte del suelo para una instalación de tubos enterrada, expresado como el módulo del suelo restringido compuesto, M_s , depende del módulo restringido del relleno y del suelo nativo, M_{sb} y M_{sn} , así como del ancho de la zanja.

En instalaciones de tubos en suelos nativos blandos donde M_{sn} es menor que M_{sb} , el módulo compuesto M_s , será menor que el módulo de relleno confinado M_{sb} . Este efecto es menos pronunciado en zanjas más anchas y puede ser descartado para zanjas cuyo ancho supere 5 veces el diámetro del tubo en la elevación de el diámetro horizontal del tubo (springline: línea de resortes). Esto significa que, en estos casos, una zanja más ancha proporciona un mejor soporte del suelo.

Para instalaciones en suelos nativos firmes, donde M_{sn} es mayor que M_{sb} , el módulo compuesto será mayor que el módulo de relleno confinado. Este efecto será menos pronunciado en una zanja más ancha, que en este caso proporcionará menor soporte del suelo.

La zanja siempre debe tener un ancho suficiente que permita que exista un espacio adecuado para asegurar la correcta colocación y compactación del relleno en la zona de ríñones. Y tam-

bién debe ser lo suficientemente ancha como para operar con seguridad el equipo compactador sin dañar el tubo.

A.5 PRESIÓN NEGATIVA

A fin de proporcionar un apoyo adecuado para estabilizar el suelo, se recomienda un mínimo de profundidad de enterramiento de 1,0 m para las situaciones de presión negativa (vacío) donde la presión negativa excede los 0,25 bares para tubos con SN (rigidez nominal) 2500 y 0,5 bares para tubos con SN (rigidez nominal) 5000.

La máxima presión negativa (vacío) admisible en un tubo dependerá de la profundidad de enterramiento, el suelo nativo, la rigidez del suelo de relleno y del tubo, así como del ancho de la zanja. Ver Anexo B para consultar los requisitos de compactación del relleno para condiciones de vacío en el tubo.

Secciones no enterradas del tubo

Algunas secciones de una tubería enterrada, tales como las cámaras y cámaras para válvulas, pueden no estar apoyadas en el suelo. Como no cuentan con el soporte estabilizador del suelo, la capacidad de presión negativa tiene que ser evaluada por separado. La Tabla A-8 muestra la presión negativa máxima admisible para tramos entre restricciones de 3,6 y 12 metros.

DN mm	SN 2500			SN 5000			SN 10000		
	3mm	6mm	12mm	3mm	6mm	12mm	3mm	6mm	12mm
300	0,28	0,25	0,25	0,53	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
350	0,30	0,25	0,25	0,55	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
400	0,32	0,25	0,25	0,58	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
450	0,32	0,26	0,25	0,61	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
500	0,39	0,26	0,25	0,66	0,51	0,50	1,00	1,00	1,00
600	0,48	0,27	0,25	0,78	0,52	0,50	1,00	1,00	1,00
700	0,66	0,28	0,25	1,00	0,54	0,50	1,00	1,00	1,00
800	0,74	0,30	0,25	1,00	0,56	0,50	1,00	1,00	1,00
900	0,77	0,32	0,25	1,00	0,59	0,50	1,00	1,00	1,00
1000	0,82	0,36	0,26	1,00	0,64	0,51	1,00	1,00	1,00
1200	0,95	0,46	0,26	1,00	0,77	0,52	1,00	1,00	1,00
1400	1,00	0,62	0,28	1,00	0,98	0,53	1,00	1,00	1,00
1600	1,00	0,73	0,29	1,00	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00
1800	1,00	0,77	0,32	1,00	1,00	0,59	1,00	1,00	1,00
2000	1,00	0,81	0,35	1,00	1,00	0,63	1,00	1,00	1,00
2400	1,00	0,94	0,45	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00

Tabla A-8: Máxima presión negativa admisible (en bares) para secciones no enterradas. Tramo de tubo entre restricciones de 3m/6m/12m

A-6 LIMITACIONES DE INSTALACIÓN -MÍNIMO-

General

La profundidad mínima recomendada de instalación de los tubos con presiones operativas de 10 bares o inferiores a ella es de 0,5 metros siempre que los tubos se encuentren unidos sin deflexión vertical de las juntas. Para condiciones operativas y de instalación que incluyan cargas por tráfico, presión negativa, alta presión, altos niveles de agua o congelamiento, vea las secciones a continuación.

Cargas por tráfico

En situaciones donde los tubos se entierren bajo un camino o si se anticipa una carga continua de tráfico, el material de relleno se debe compactar hasta el nivel de superficie. Consulte los códigos de construcción vial para conocer las recomendaciones y requisitos locales. Las restricciones de cobertura mínima pueden verse reducidas con instalaciones especiales, tales como cajones de concreto, placas para cubierta de concreto, revestimientos, etc.

Las Tablas de instalación en el Anexo B se basan en una carga presunta AASHTO HS20. En general, se recomienda una profundidad de instalación mínima de 1 metro para cargas de tráfico, utilizando suelos granulares bien compactados como relleno. La Tabla A-9 muestra la profundidad mínima de instalación para otras cargas por tráfico.

Tipo de carga	Carga (kN) de Tráfico (rueda)	Profundidad mínima de tapada (metros)
ATV LKW12	40	0,6
ATV SLW30	50	0,6
AASHTO HS20	72	0,8
AASHTO HS25	90	1,0
BS 153 HA	90	1,0
ATV SLW 60	100	1,0
MOC	160	1,5
Maquinaria vial Cooper E80		3,0

Tabla A-9 Profundidad mínima de tapada con cargas de tráfico en condiciones estándar

Cargas por tráfico de maquinaria de construcción

En algunos casos, se puede dar la presencia de grúas de construcción o de maquinaria pesada para el movimiento de tierra en la zona de la tubería o cerca de la misma. Estos equipos pueden causar altas cargas localizadas de superficie. Los efectos de estas cargas deben evaluarse caso por caso para establecer los procedimientos y límites adecuados.

Presión negativa

Se recomienda una profundidad de instalación mínima de 1 metro para las situaciones de presión negativa (vacío) donde la presión negativa excede los 0,25 bares para tubos con SN (rigidez nominal) 2500 y 0,5 bares para tubos con SN 5000.

Alta presión

Las altas presiones requieren consideración respecto de las fuerzas de levantamiento en las juntas durante el funcionamiento así como durante las pruebas hidráulicas en obra.

Para presiones de 16 bares y superiores, la profundidad mínima de instalación debe ser de 1,2 metros para tubos de DN 300mm y mayores.

Durante las pruebas hidráulicas en obra a presiones menores a 16 bares los acoples deben ser rellenados al menos hasta la clave y los tubos rellenados hasta el mínimo de tapada. Durante la prueba hidráulica en obra a presiones de 16 bares o superiores, los tubos que se encuentren en alineación recta se rellenarán hasta la clave del acople o hasta un nivel superior antes de realizar el ensayo. Los tubos deben estar rellenos hasta la tapada mínima. Para tubos instalados con deflexión angular, tanto el tubo como la junta deben estar cubiertos hasta el nivel de superficie antes de realizar el ensayo.

Nivel freático alto

Se requerirá un mínimo de "0,75 x diámetro" de tapada (densidad mínima de masa de suelo seco de 19kN/m³) para evitar que un tubo vacío sumergido flote. Como alternativa la instalación puede realizarse anclando los tubos. Si éste es el caso, se utilizarán cuerdas de anclaje de un material plano, de un mínimo de 25mm de ancho ubicados a intervalos máximos de 4 m. Consulte con el fabricante para obtener detalles del anclaje y la profundidad mínima de cobertura con anclaje.

Línea de congelamiento

La profundidad mínima de cobertura para un tubo FLOWTITE, tal como para tubos de otros materiales, debe ser tal que el tubo esté enterrado POR DEBAJO de la línea de congelamiento esperada, o consulte las regulaciones de construcción locales para informarse sobre otras técnicas cuando se instale un tubo dentro del nivel de congelamiento.

A.7 CARGAS SÍSMICAS

Debido a su flexibilidad, los tubos FLOWTITE han demostrado un excelente comportamiento sísmico. El análisis estructural de los tubos bajo cargas sísmicas es específico de cada sitio, donde las características especiales a tener en cuenta son la magnitud del momento, las características del suelo y la probabilidad de que suceda. Para obtener más información sobre las consideraciones de diseño y los análisis específicos a considerar, consulte con su proveedor.

A.8 MIGRACIÓN DEL RELLENO

Cuando se coloca un relleno de gradación abierta junto a material fino, éste puede migrar hacia el material más grueso por acción del gradiente hidráulico provenientes del nivel freático. Cuando estas corrientes son importantes pueden aparecer en la zanja de la tubería durante la construcción, cuando los niveles de agua están controlados por medio del bombeo, o después de la construcción cuando los materiales permeables del lecho de asiento, o del drenaje subterráneo actúan como drenaje bajo los altos niveles freáticos. La experiencia en obra muestra que la migración puede causar una importante pérdida de apoyo para el tubo e incrementar la deflexión.

La gradación y el tamaño relativo del material de relleno y los materiales adyacentes deben ser compatibles para minimizar la migración. En general, cuando se espera encontrar importantes niveles freáticos, evite colocar material grueso, de gradación abierta, tal como el SC1, bajo o en forma adyacente al material fino, a menos que utilice métodos para impedir la migración. Considere el uso de filtro de suelo adecuado o de un geotextil a lo largo del límite entre materiales incompatibles.

Los criterios de gradación del filtro que se describen a continuación se pueden utilizar para restringir la migración del material fino hacia los huecos del material grueso bajo la influencia de corrientes hidráulicas:

1. $D_{15}/d_{85} < 5$, donde D_{15} representa el tamaño de las aberturas del tamiz que permite el paso del 15% en peso del material grueso y d_{85} es el tamaño de las aberturas del tamiz que permiten el paso del 85% en peso en material fino.
2. $D_{50}/d_{50} < 25$, donde D_{50} representa al tamaño de las aberturas del tamiz que permite el paso del 50% en peso del material grueso y d_{50} es el tamaño de las aberturas del tamiz que permiten el paso del 50% en peso del material fino. Este criterio no necesariamente se aplica si el material más grueso se encuentra bien gradado (ver ASTM D 2487).

Si el suelo fino es una arcilla con plasticidad media a alta (CL o CH), se debe aplicar el siguiente criterio en lugar de $D_{15}/d_{85} : D_{15} < 0,5\text{mm}$ donde D_{15} representa al tamaño de las aberturas del tamiz que permite el paso del 15% por peso del material grueso. El criterio antes mencionado puede necesitar modificaciones si uno de los materiales se encuentra gradado con espacios. Los materiales seleccionados para el uso basados en el criterio de gradación para filtro deben ser manipulados y colocados de forma tal que se minimice la segregación. Cuando deban usarse materiales incompatibles, se deben separar con un filtro de tela (geotextil) diseñado para toda la vida útil de la tubería para prevenir el "lavado" y la migración. El filtro de tela (geotextil) debe rodear completamente al lecho de asiento y al relleno de la zona del tubo y debe envolver el área de la zona del tubo para evitar la contaminación del material de relleno seleccionado.



ANEXO B: TABLAS DE INSTALACIÓN

Las Tablas para el diseño de la instalación de los tubos en este Anexo muestran la compactación mínima de relleno. La compactación mínima de relleno es proporcionada para diferentes profundidades de instalación, para todas las combinaciones prácticas de categorías de rigidez del relleno, grupo de rigidez del suelo nativo y rigidez del tubo. Se incluyen los dos anchos de zanja estándar, $Bd/d = 1,8$ y mayor, $Bd/d = 3,0$. Se proporcionan Tablas para combinaciones seleccionadas de 1) nivel freático, 2) cargas por tráfico y 3) vacío interno. Todas las Tablas sirven para presiones operativas dentro del rango que va desde presión atmosférica hasta la presión nominal del tubo. La compactación del relleno se expresa como el porcentaje de Densidad Proctor Estándar para suelos de relleno dentro de las categorías SC2, SC3 y SC4. Para rellenos de roca triturada, SC1, la compactación mínima es expresada como D: arrojado o C: compactado. Tenga en cuenta que el material de relleno SC1 también debe ser trabajado en la zona del riñón para condiciones de instalación donde de otro modo no se requiere compactación.

Los valores de compactación recomendados se considerarán como valores mínimos y las densidades en obra deben estar al nivel de lo requerido o por sobre ello. Incluya entre sus consideraciones las variaciones estacionales cuando evalúe el contenido potencial de humedad, tanto en el lugar como respecto de los materiales de relleno.

Las Tablas de compactación del relleno se calculan siguiendo el enfoque actual de la AWWA, asumiendo que las propiedades del suelo y el lecho de asiento son las siguientes:

1. Factor de retardo de la deflexión, $DL = 15$
2. Peso de la unidad seca de sobrecarga de suelo, $gs, seco = 18,8\text{kN/m}^3$
3. Peso de la unidad saturada (boyante) de sobrecarga, $gs, saturada = 11,5\text{kN/m}^3$
4. Coeficiente del lecho de asiento (condición típica de instalación directa), $kx = 0,1$

Las Tablas de compactación del relleno han sido calculadas para las condiciones de instalación y carga indicadas en las *Tablas B-1 y B-2*. La Tabla B-1 muestra las combinaciones calculadas para tubos de grandes diámetros, DN a 300mm para ser instalados con una configuración de relleno Tipo 1. (Ver Figura 3-4).

Nota: En instalaciones donde pueden ocurrir cargas por tráfico y vacío, utilice los valores máximos de compactación de las Tablas B-4 y B-5 para instalaciones con niveles freáticos debajo del tubo y los valores máximos de compactación de las Tablas B-7 y B-8 para instalaciones donde el nivel freático llega a la superficie.

Carga por tráfico diámetro horizontal del tubo (springline)	Vacío interno	Nivel freático	Ancho de zanja en el	Tabla de Instalación
AASTHO	Bares		Bd/d	
0	0	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	Tabla B-4
HS20	0	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	Tabla B-5
0	1	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	Tabla B-6
0	0	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	Tabla B-7
HS20	0	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	Tabla B-8
0	1	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	Tabla B-9

Tabla B-1 Combinaciones de carga para Instalaciones Tipo 1 de tubos de DN \geq 300 mm

Nota: Para instalaciones donde pueden aparecer cargas por tráfico y vacío, utilice el nivel de compactación más alto requerido de los dos casos de cargas.

La *Tabla B-2* muestra las combinaciones calculadas para tubos de grandes diámetros, DN \geq 300mm, a ser instalados con la configuración de relleno Tipo 2, (dividida). Ver la *Figura 3-5*

Vacío interno	Nivel freático	Ancho de zanja en la altura media del tubo (springline)	Relleno inferior 0,6xDN	Relleno superior 0,6xDN		Tabla de Instalación
Bares		Bd/d	Categoría	Categoría	%DPS	
0	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-9
0	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-9
0,5	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-10
0,5	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-10
1	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-11
1	Debajo del Tubo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-11
0	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-12
0	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-12
0,5	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-13
0,5	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-13
1	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC3	85	Tabla B-14
1	A nivel del suelo	1,8 y 3,0	SC1, SC2	SC4	90	Tabla B-14

Tabla B-2. Combinaciones de carga para instalaciones Tipo 2 de tubos de DN \geq 300 mm

En el caso de otras condiciones de instalación y/u operación, consulte documentos sobre el diseño de la instalación de la AWWA .

**:: Tabla B-4: Instalación Tipo 1, DN \geq 300 mm. Carga de tráfico - Nivel freático por debajo del invertido del tubo
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 1 DN \geq 300		Carga de tráfico AASHTO HS 20 - Sin vacío interno - Nivel freático por debajo del invertido del tubo																								SUELO NATIVO
Relleno		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0												
		SC1			SC2			SC3			SC4			SC1			SC2			SC3			SC4			
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	
		1.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	95	
8.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	95	D	D	D	90	90	90	90	90	90			95	
12.0		D	D	D	90	90	85							D	D	D	90	90	90			95	95	95		
20.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90			95				
30.0		C	C	C	95	95	95							C	C	C	95	95	95							
1.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	95	
8.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	95	D	D	D	90	90	90	95	90	90			95	
12.0		D	D	D	90	90	90	95	95	90				D	D	D	90	90	90	95	95	95				
20.0		C	D	D	95	90	90			95				C	C	C	95	95	95							
30.0		C	C	C	100	100	100							C	C	C	95	95	95							
1.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	95	
8.0		D	D	D	90	90	85	90	90	85	95	95	95	D	D	D	90	90	90	95	95	95				
12.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90	95	95	95				
20.0		C	C	C	100	100	100							C	C	C	95	95	95							
30.0		C	C	C										C	C	C	100	95	95							
1.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	90	90	
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	90	90	
5.0		D	D	D	90	85	85	90	85	85	95	95	95	D	D	D	90	85	85	90	85	85	95	95	95	
8.0		C	D	D	95	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90	95	95	95				
12.0		C	C	C	100	100	95							D	D	D	90	90	90	95	95	95				
20.0														C	C	C	95	95	95							
30.0														C	C	C	100	100	100							
1.0		D	D	D	90	85	85	95	90	85		95	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	90	
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85		95	90	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
2.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85		95	95	D	D	D	85	85	85	85	85	85	90	90	90	
3.0		D	D	D	90	90	85	95	95	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	90	
5.0		C	C	D	95	95	90			95				D	D	D	90	90	90	95	90	90			95	
8.0		C	C	C	100	100	100							D	D	D	90	90	90	95	95	95				
12.0														C	C	C	95	95	95							
20.0														C	C	C	95	95	95							
30.0														C	C	C	100	100	100							
1.0		D	D	D	95	90	90			95				D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	90	
1.5		D	D	D	90	90	85	95	95	90			95	D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	90	
2.0		D	D	D	95	90	90			95				D	D	D	85	85	85	85	85	85	95	95	90	
3.0		C	C	D	95	95	90			95				D	D	D	90	85	85	90	90	85	95	95	95	
5.0				C			100							D	D	D	90	90	90	95	95	95				
8.0														C	D	D	95	90	90			95	95			
12.0														C	C	C	95	95	95							
20.0														C	C	C	100	100	100							
30.0														C	C	C		100	100							

**:: Tabla B-7: Instalación Tipo 1, DN \geq 300mm. Carga de tráfico - Nivel freático a nivel de superficie
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 1 DN \geq 300		Carga de tráfico ADS HTO 20 - Sin vacío interno - Nivel freático a nivel de superficie																								SUELO NATIVO		
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0													GRUPO 1	
Relleno		SC1			SC2			SC3			SC4			SC1			SC2			SC3			SC4					GRUPO 2
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000			
		1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	85	85	85	90	90	85				
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	95						
8.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90	95	95	95						
12.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90									
20.0		C	D	D	95	90	90							C	C	C	95	95	95									
30.0		C	C	C	100	95	95							C	C	C	100	95	95									
1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	85	85	85	90	90	85						
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
8.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90	95	95	95						
12.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90									
20.0		C	C	C	95	95	95							C	C	C	95	95	95									
30.0			C	C		100	100							C	C	C	100	95	95									
1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	85	85	85	90	90	85						
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
5.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
8.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90			95						
12.0		D	D	D	95	95	90							D	D	D	95	90	90									
20.0			C	C		100	100							C	C	C	95	95	95									
30.0														C	C	C	100	100	100									
1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	85	85	85	90	90	85						
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
3.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
5.0		D	D	D	90	90	85	95	95	95				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
8.0		C	D	D	95	95	90							D	D	D	90	90	90									
12.0		C	C	C	100	100	100							C	D	D	95	95	95									
20.0														C	C	C	100	95	95									
30.0														C	C		100	100										
1.0		D	D	D	90	85	85		95	85				D	D	D	85	85	85	95	90	90						
1.5		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
2.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	85	85	85	85	85	85						
3.0		D	D	D	90	90	85		95	85				D	D	D	90	85	85	95	85	85						
5.0		C	C	D	95	95	95							D	D	D	90	90	90	95	95	95						
8.0				C			100							D	D	D	95	90	90									
12.0														C	C	C	95	95	95									
20.0														C	C	C	100	100	100									
30.0														C	C		100	100										
1.0		C	D	D	95	95	90							D	D	D	90	90	85	95	95	90						
1.5		C	D	D	95	90	90			95				D	D	D	90	85	85	95	85	85						
2.0		C	D	D	95	95	90			95				D	D	D	90	85	85	95	95	85						
3.0		C	C	D	95	95	95							D	D	D	90	90	85	95	95	85						
5.0				C			100							D	D	D	90	90	90			95						
8.0														C	C	D	95	95	95									
12.0														C	C	C	95	95	95									
20.0														C	C		100	100										
30.0														C	C		100	100										

:: Tabla B-8: Instalación Tipo 1, DN ≥ 300mm. Vacío 1,0 Bar - Sin carga de tráfico. Nivel freático a nivel de superficie
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)

Tipo 1 DN ≥ 300		Sin carga de tráfico - Vacío interno de 1 bar - Nivel freático a nivel de superficie																								SUELO NATIVO		
Relleno		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0													GRUPO 1	
		SC1			SC2			SC3			SC4			SC1			SC2			SC3			SC4					
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500		5000
		1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	90	85	85	95	90	85				
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	85	85	95	85	85						
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	85	85	95	85	85						
3.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
5.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
8.0		D	D	D	90	90	90	95	95	95				D	D	D	90	90	90			95						
12.0		D	D	D	90	90	90			95				C	D	D	95	90	90									
20.0		C	C	D	100	95	90							C	C	C	100	95	95									
30.0			C	C		100	95							C	C	C	100	100	95									
1.0		D	D	D	85	85	85	90	85	85				D	D	D	90	85	85	90	90							
1.5		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	85	85	95	85							
2.0		D	D	D	85	85	85	85	85	85				D	D	D	90	85	85	95	85							
3.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95							
5.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95							
8.0		D	D	D	90	90	90			95				D	D	D	95	90	90									
12.0		C	D	D	95	90	90			95				C	D	D	95	95	90									
20.0			C	C		95	95							C	C	C	100	95	95									
30.0				C		100								C	C	C	100	100										
1.0		D	D	D	85	85	85	95	90	85				D	D	D	90	85	85	95	90	85						
1.5		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	85	85	95	85	85						
2.0		D	D	D	90	85	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
3.0		D	D	D	90	90	85	95	85	85				D	D	D	90	90	85	95	95	85						
5.0		D	D	D	90	90	85	95	95	85				D	D	D	90	90	90	95	95	85						
8.0		D	D	D	90	90	90			95				D	D	D	95	90	90			95						
12.0		C	C	D	100	95	90							C	D	D	95	95	90									
20.0				C			100							C	C	C	100	95	95									
30.0														C	C		100	100										
1.0		C	D	D	95	90	85			95	90			D	D	D	90	90	85	95	95	90						
1.5		C	D	D	95	90	90				95			D	D	D	90	90	85	95	95	85						
2.0		C	D	D	95	90	90				95			D	D	D	90	90	85	95	95	85						
3.0		C	C	D	100	95	90							D	D	D	90	90	90			95						
5.0			C	C		100	95	95						D	D	D	95	90	90									
8.0				C			100							C	D	D	95	95	90									
12.0														C	C	C	100	95	95									
20.0															C	C		100	100									
30.0																C		100										
1.0			C	D		95	95							D	D	D	90	90	85			95	95					
1.5			C	C		100	95							D	D	D	90	90	90			95	95					
2.0			C	C		100	95							D	D	D	90	90	90			95	95					
3.0				C			95							D	D	D	95	90	90									
5.0														C	D	D	95	90	90									
8.0														C	C	D	95	90	90									
12.0														C	C	C	100	95	95									
20.0															C		C	100	100									
30.0																C		100										

**:: Tabla B-9: Instalación Tipo 2, DN ≥ 300mm. Sin carga de tráfico - Sin vacío interior. Nivel freático por debajo del invertido del tubo.
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 2 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Sin vacío interno - Nivel freático por debajo del invertido del tubo																								SUELO NATIVO		
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0													GRUPO 1	
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar								GRUPO 2
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2					
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	GRUPO 4		
		1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85		85	
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
12.0		D	D	D	90	90	85			D			90			D			90			D			90			
20.0			D	D			90						90						C						95			
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 6		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
12.0		D	D	D	90	90	90			D			90			D			90			D			90			
20.0				C			95						95						C						95			
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 7		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		C	C	C	100	95	95			C	C		95	95			D	D	D	90	90	85	D	D	D		90	
12.0																			C						95			
20.0																			C						95			
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 8		
1.5		D	D	D	90	85	85	D	D	D	90	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	90	90	85	D	D	D	90	90	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		C	C	C	100	95	90			C	D		95	90			D	D	D	90	85	85	D	D	D		90	
5.0																			C						90			
8.0																			C						95			
12.0																			C						95			
20.0																			C						95			

**:: Tabla B-10: Instalación Tipo 2, DN ≥ 300 mm. Sin carga de tráfico - Vacío de 0,5 bar - Nivel freático por debajo del invertido del tubo
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 2 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Vacío interno de 0,5 bar - Nivel freático por debajo del invertido del tubo																								SUELO NATIVO		
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0													GRUPO 1	
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar								GRUPO 2
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2					
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	GRUPO 4		
		1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85		85	
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		D	D	D	85	85	85		D	D		85	85		D	D		90	90		D	D		90	90			
12.0			D	D																								
20.0				D																								
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 6		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		D	D	D	85	85	85		D	D		85	85		D	D		90	90		D	D		90	90			
12.0			D	D																								
20.0				C																								
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 7		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
8.0		C	D	D	95	95	90																					
12.0				C																								
20.0																												
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 8		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0				C																								
8.0																												
12.0																												
20.0																												
1.0				D										D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 9		
1.5				D										D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0				D										D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0				D										D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0																												
8.0																												
12.0																												
20.0																												

**:: Tabla B-11: Instalación Tipo 2, DN ≥ 300mm. Sin carga de tráfico - Vacío interno de 1.0 bar - Nivel freático por debajo del invertido del tubo
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 2 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Vacío interno de 1,0 bar - Nivel freático por debajo del invertido del tubo																								SUELO NATIVO
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0												
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	
		1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
8.0			D	D																						
12.0			D	D																						
20.0				D																						
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 2
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
8.0			D	D																						
12.0				D																						
20.0					D																					
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 3
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
5.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
8.0			D	D																						
12.0				D																						
20.0					D																					
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 4
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	
3.0			D	D																						
5.0				D																						
8.0					D																					
12.0																										
20.0																										
1.0				D																						GRUPO 5
1.5				D																						
2.0				D																						
3.0																										
5.0																										
8.0																										
12.0																										
20.0																										
1.0																										GRUPO 6
1.5																										
2.0																										
3.0																										
5.0																										
20.0																										

**:: Tabla B-12: Instalación Tipo 2, DN >300mm. Sin carga de tráfico - Sin vacío - Nivel freático hasta el nivel de superficie.
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D:Arrojado; C:Compactado)**

Tipo 2 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Sin vacío interno - Nivel freático hasta el nivel de superficie																								SUELO NATIVO								
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0													GRUPO 1							
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar								GRUPO 2						
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2						GRUPO 3					
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	GRUPO 4								
		1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85		85			85	D	D	D	85
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85		D	D		D	85	85	85	
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85		D	D	D	85	85	85		
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85							D	D	D	85	85	85	D	D	D	90	90	85			D			85			
8.0		D	D	D	90	90	90													D	D													
12.0				D			90																											
20.0							90																											
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 6		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	85	85	85							D	D	D	85	85	85	D	D	D	90	90	85			D			85			
8.0			D	D			90	90												D	D													
12.0				D			95																											
20.0							95																											
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 7		
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
5.0		D	D	D	90	90	85							D	D	D	90	90	90	D	D	D	90	90	85			D			85			
8.0				C			95													D	D													
12.0							95																											
20.0							95																											
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	GRUPO 8		
1.5		D	D	D	90	85	85	D	D	D	90	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			
2.0		D	D	D	95	90	85							D	D					D	D					D	D		90	85	85			
3.0				D			95							D	D	D	90	90	85	D	D	D	90	90	85			D			85			
5.0							95													D	D													
8.0							95																											
12.0							95																											
20.0							95																											

:: Tabla B-13: Instalación Tipo 2, DN ≥ 300mm. Sin carga de tráfico - Vacío de 0,5 bar - Nivel freático hasta el nivel de superficie
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)

Tipo 2 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Vacío interno 0,5 bar - Nivel freático a nivel de superficie																								SUELO NATIVO						
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0																		
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar												
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2									
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500				5000	10000	
		1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85			D	D	
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85		85		
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85							D	D		85	85		D	D		85	85						85		
5.0		D	D	D	85	85	85													D	D											
8.0				D																												
12.0																																
20.0																																
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85							D	D		85	85		D	D		85	85						85		
5.0		D	D	D	85	85	85													D	D											
8.0				D																												
12.0																																
20.0																																
1.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
1.5		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
2.0		D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	D	85	85	85	D	D	85	85			
3.0		D	D	D	85	85	85							D	D		85	85		D	D		85	85						85		
5.0			D	D																D	D											
8.0																																
12.0																																
20.0																																
1.0			D	D																D	D									85		
1.5			D	D																D	D									85		
2.0			D	D																D	D									85		
3.0				D																D	D									85		
5.0																																
8.0																																
12.0																																
20.0																																
1.0																																
1.5																																
2.0																																
3.0																																
5.0																																
8.0																																
12.0																																
20.0																																

**:: Tabla B-14: Instalación Tipo 2, DN > 300 mm. Sin carga de tráfico - Vacío 1,0 bar - Nivel freático a nivel de superficie.
Compactación mínima del relleno, % de la Densidad Proctor Estándar (D: Arrojado; C: Compactado)**

Tipo 1 DN ≥ 300		Sin cargas de tráfico - Vacío interno 1,0 bar - Nivel freático a nivel de superficie																					SUELO NATIVO
		Zanja estándar, Bd/D = 1,8												Zanja ancha, Bd/D = 3,0									
Relleno Superior		SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar						SC3 - 85% DPE Densidad Proctor Estándar						SC4 - 90% DPE Densidad Proctor Estándar			
Relleno		SC1			SC2			SC1			SC2			SC1			SC2						
Profundidad instalación (m)	SN	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	2500	5000	10000	GRUPO
		1.0		D	D		85	85			D		85			D		85					
1.5		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 1
2.0		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 1
3.0			D	D	85	85	85								D		85						GRUPO 1
5.0			D	D	85	85									D		85						GRUPO 1
8.0				D			90																GRUPO 1
12.0																							GRUPO 1
20.0																							GRUPO 1
1.0			D	D	85	85			D		85				D		85						GRUPO 2
1.5		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 2
2.0		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 2
3.0			D	D	85	85	85								D		85						GRUPO 2
5.0			D	D	85	85									D		85						GRUPO 2
8.0				D			90																GRUPO 2
12.0																							GRUPO 2
20.0																							GRUPO 2
1.0			D	D	85	85			D		85				D		85						GRUPO 3
1.5		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 3
2.0		D	D	D	85	85	85			D		85		D	D	85	85						GRUPO 3
3.0			D	D	85	85	85								D		85						GRUPO 3
5.0				D			85										85						GRUPO 3
8.0																							GRUPO 3
12.0																							GRUPO 3
20.0																							GRUPO 3
1.0				D	85				D		85												GRUPO 4
1.5			D	D	85	85			D		85			D	D	85	85						GRUPO 4
2.0			D	D	85	85			D		85				D		85						GRUPO 4
3.0				D			85								D		85						GRUPO 4
5.0																							GRUPO 4
8.0																							GRUPO 4
12.0																							GRUPO 4
20.0																							GRUPO 4
1.0																							GRUPO 5
1.5															D		85						GRUPO 5
2.0															D		85						GRUPO 5
3.0																							GRUPO 5
5.0																							GRUPO 5
8.0																							GRUPO 5
12.0																							GRUPO 5
20.0																							GRUPO 5
1.0																							GRUPO 6
1.5																							GRUPO 6
2.0																							GRUPO 6
3.0																							GRUPO 6
5.0																							GRUPO 6
8.0																							GRUPO 6
12.0																							GRUPO 6
20.0																							GRUPO 6



ANEXO C: CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS NATIVOS

Para el análisis de los requisitos de instalación de las tuberías, los suelos nativos se dividen en seis grupos en función de la rigidez del mismo. Esta se determina en función del recuento del número de golpes, como se define según la prueba de penetración estándar ASTM D1586, mediante el uso de un tomamuestras de cuerpo partido. Estos suelos nativos, que forman las paredes de las zanjas, comprenden desde suelos muy estables, suelos granulares densos y suelos cohesivos muy duros hasta suelos relativamente pobres, suelos de grano fino. Estos suelos nativos pueden considerarse para ser usados como material de relleno.

1. Golpes/pie de la prueba de penetración estándar ASTM D1586.
2. Para un mayor recuento de golpes, los valores M_{sn} se incrementan, hasta un valor de 345 MPa para roca.
3. Cuando se utiliza un envoltorio geotextil en la zona del tubo, los valores M_{sn} correspondientes a los suelos pobres pueden superar a los listados más arriba.
4. Cuando se utilice un entibado permanente en la zona del tubo a fin de que dure el mismo tiempo que la vida útil de la tubería, el módulo del suelo restringido se debe basar solamente en el módulo del relleno.

Correlación con otros métodos de prueba

Existen varias diferentes pruebas de penetrómetro de cono que se utilizan actualmente en el mundo. Con la posibilidad potencial de que se produzcan variaciones significativas en los diferentes métodos de prueba, se puede mencionar una correlación al conteo de golpes del penetrómetro estándar, N , basado en la norma ASTM D1586. Con el resultado de la prueba de penetrómetro de cono, q_u , expresado en kg/cm^2 , el recuento de golpes del penetrómetro estándar, N , sería:

$$N = q_u/4 \text{ para un penetrómetro de cono mecánico}$$

$$N = q_u/3 \text{ para un penetrómetro de cono eléctrico}$$

La Tabla C1 presenta la clasificación de suelos nativos siguiendo las recomendaciones de la norma AWWA M45. El recuento del número de golpes a utilizarse debe ser el menor valor que se pueda encontrar durante un periodo de tiempo extenso en la zona del tubo. Por lo general, la condición de mayor debilidad tiene lugar cuando el suelo ha estado expuesto a la saturación durante un periodo prolongado.

Grupos de suelos	Granular		Cohesivo		Módulo
	Conteo de golpes	Descripción	q_u kPa	Descripción	M_{sn}
1	>15	Compacto	>200	Muy rígido	34,50
2	8 - 15	Levemente compacto	100 - 200	Rígido	20,70
3	4 - 8	Suelto	50 - 100	Medio	10,30
4	2 - 4		25 - 50	Blando	4,80
5	1 - 2	Muy suelto	13 - 25	Muy blando	1,40
6	0 - 1	Muy, muy suelto	0 - 13	Muy, muy blando	0,34

1) Test de penetración estándar de acuerdo con la norma ASTM D1586

Tabla C-1 Grupos de rigidez de suelos nativos. Valores del módulo restringido del suelo M_{sn}



ANEXO D: CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS DE RELLENO

A fin de ser utilizados como relleno para los tubos, el suelo debe proporcionar rigidez al sistema tuberíasuelo y dicha rigidez debe perdurar a través del tiempo. La variedad de los posibles suelos que pueden ser utilizados en la zona del tubo como relleno es ilimitada. El material de relleno puede ser seleccionado del mismo suelo excavado de la zanja o puede requerir de la importación de suelos a la obra, cuando los suelos que provienen de la zanja no son adecuados. La elección práctica de un suelo de relleno depende del esfuerzo de compactación necesario para lograr la rigidez deseada y la disponibilidad de materiales.

Los suelos que son posibles de utilizar como material de relleno se clasifican según cuatro categorías de rigidez:

CATEGORÍA 1 DE RIGIDEZ DEL SUELO, SC1

Los materiales SC1 proporcionan el máximo soporte del tubo para una cierta compactación debido a su bajo contenido de arena y componentes finos. Con un esfuerzo mínimo, estos materiales se pueden instalar a una alta rigidez relativa respecto de una amplia gama de contenidos de humedad. Además, la alta permeabilidad de los materiales SC1 pueden ayudar en el control del agua y se prefiere utilizarlos para los lechos en roca con frecuente presencia de agua. Sin embargo, cuando se prevé la presencia del nivel freático, se debe considerar la posible migración de componentes finos de materiales adyacentes hacia el material de gradación abierta SC1. Ver sección A.8.

CATEGORÍA 2 DE RIGIDEZ DEL SUELO, SC2

Los materiales SC2, una vez compactados, proporcionan un nivel relativamente alto de apoyo para el tubo. Sin embargo los grupos de gradación abierta pueden permitir la migración y deben ser controlados para determinar su compatibilidad con los materiales adyacentes. Ver sección A.8 D.

CATEGORÍA 3 DE RIGIDEZ DEL SUELO, SC3

Los materiales SC3 proporcionan menor apoyo para una cierta densidad que los materiales SC1 y SC2. Se requieren altos ni-

veles de esfuerzo de compactación y el contenido de humedad deber estar cerca de los valores óptimos para lograr la densidad requerida.

Estos materiales proporcionan un nivel razonable de apoyo para el tubo, una vez lograda la densidad adecuada.

CATEGORÍA 4 DE RIGIDEZ DEL SUELO, SC4

Los materiales SC4 requieren una evaluación geotécnica antes de su uso. Los niveles de humedad deber estar cerca de los valores óptimos para lograr la densidad requerida. Cuando se encuentran colocados y compactados correctamente, los materiales SC4 pueden proporcionar un nivel razonable de apoyo para el tubo. Estos materiales no son apropiados para enterramientos a gran profundidad y cargas por tráfico o para trabajos de compactación que requieren compactadores vibratorios o apisonadoras de alta energía. Los materiales SC4 no se deben utilizar en presencia de agua en la zanja que obstaculice la correcta colocación y compactación. La Tabla D-1 proporciona pautas generales para clasificar los suelos de relleno según las categorías de rigidez. Para cualquier categoría dada de rigidez de relleno a mayor compactación, más alto será el módulo del suelo y mayor será el apoyo. Además, el módulo del suelo también se incrementa con el nivel de tensión vertical del suelo, es decir, con la profundidad de instalación. Las Tablas D-2 a D-5 proporcionan los valores M_{sb} para las categorías de rigidez de relleno SC1, SC2, SC3 y SC4 en función de la densidad estándar Proctor y el nivel de tensión vertical. Los valores se aplican para los tubos instalados por sobre el nivel freático. Para tubos instalados por debajo de este nivel, el módulo del suelo restringido se verá reducido para suelos de menor rigidez y menor compactación (ver valores entre paréntesis). El nivel de tensión vertical consiste en la tensión efectiva del suelo en la elevación de el diámetro horizontal del tubo (springline) del tubo. Normalmente se la calcula como el peso unitario del suelo de diseño por la profundidad de relleno. El peso de la unidad sumergida debería utilizarse por debajo del nivel freático.

Grupos de suelos de Relleno	Descripción de los suelos de relleno
SC1	Piedras trituradas con <15% de arena, un máximo de 25% que pase por el tamiz de 9,5 mm y un máximo de 5% de material fino
SC2	Suelos limpios de grano grueso: SW, SP ¹⁾ , GW, GP o cualquier suelo que comience con uno de estos símbolos con 12% de material fino o menos ²⁾
SC3	Suelo de grano grueso con material fino: GM,GC,SM,SC o cualquier suelo que comience con alguno de estos símbolos con 12% de de material fino o más. ²⁾ Suelos de grano fino, arenosos o con grava: CL, ML, (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con un 30% o más que quede retenido en tamiz número 200.
SC4	Suelos de granulo fino: CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con un 30% o menos de retenido en tamiz número 200.

Nota: Los símbolos en la tabla corresponden a la Designación Unificada de la Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification Designation ASTM D2487)
1) Arena fina y uniforme, SP, con más del 50% que pase el tamiz número 100 (0,15mm). Es muy sensible a la humedad y no se recomienda como relleno
2) El % de material fino es el porcentaje del peso de las partículas de suelo que pasan por un tamiz número 200, con una abertura de 0,076mm

Tabla D-1 Clasificación del tipo de suelo de relleno

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar	
		Compactado	Arrojado
m	KPa	MPa	MPa
0,4	6,9	16,2	13,8
1,8	34,5	23,8	17,9
3,7	69,0	29,0	20,7
7,3	138,0	37,9	23,8
14,6	276,0	51,7	29,3
22,0	414,0	64,1	34,5

Tabla D-2 Msb para Grupos de Suelo de Relleno SC1

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9	16,2	13,8	8,8 (7,5)	3,2 (2,4)
1,8	34,5	23,8	17,9	10,3 (8,8)	3,6 (2,7)
3,7	69,0	29,0	20,7	11,2 (9,5)	3,9 (2,9)
7,3	138,0	37,9	23,8	12,4 (10,5)	4,5 (3,4)
14,6	276,0	51,7	29,3	14,5 (12,3)	5,7 (4,3)
22,0	414,0	64,1	34,5	17,2 (14,6)	6,9 (5,2)

Tabla D-3 Msb para Grupos de Suelo de Relleno SC2

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9		9,8 (4,9)	4,6 (2,3)	2,5 (1,3)
1,8	34,5		11,5 (5,8)	5,1 (2,6)	2,7 (1,4)
3,7	69,0		12,2 (6,1)	5,2 (2,6)	2,8 (1,4)
7,3	138,0		13,0 (6,5)	5,4 (2,7)	3,0 (1,5)
14,6	276,0		14,4 (7,2)	6,2 (3,1)	3,5 (1,8)
22,0	414,0		15,9 (8,0)	7,1 (3,6)	4,1 (2,1)

Tabla D-4 Msb para Grupos de Suelo de Relleno SC3

Profundidad de Instalación (Densidad del suelo 18,8 kN/m ³)	Nivel de tensión vertical	Compactación, % máximo Densidad Próctor Estándar			
		100	95	90	85
m	KPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0,4	6,9		3,7(1,11)	1,8 (0,54)	0,9 (0,27)
1,8	34,5		4,3 (1,29)	2,2 (0,66)	1,2 (0,36)
3,7	69,0		4,8 (1,44)	2,5 (0,75)	1,4 (0,42)
7,3	138,0		5,1 (1,53)	2,7 (0,81)	1,6 (0,48)
14,6	276,0		5,6 (1,68)	3,2 (0,96)	2,0 (0,60)
22,0	414,0		6,2 (1,86)	3,6 (1,08)	2,4 (0,72)

Tabla D-5 Msb para Grupos de Suelo de Relleno SC4

Nota Los valores Msb para los niveles intermedios de tensión vertical que no se encuentran en la Tabla D-2 a la Tabla D-5 se pueden obtener por interpolación. El % máximo de Densidad Proctor Estándar indica la densidad en seco del suelo compactado como un porcentaje de densidad en seco máxima determinada de acuerdo con la norma ASTM D 698.
Nota: Los datos en paréntesis () representan el valor reducido de Msb cuando el relleno está por debajo del nivel freático.



ANEXO E: PRUEBAS EN OBRA PARA ASISTIR EN LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS NATIVOS ANEXO F

Características del suelo nativo	Grupo mensurable
1	Difícilmente penetrable con el pulgar
2	Penetrable con el pulgar hasta los 4mm
3	Penetrable con el pulgar hasta los 10mm
4	Penetrable con el pulgar hasta los 25mm
5	Penetrable con el pulgar hasta los 50mm
6	Penetrable con el puño hasta los 25mm

Tabla E-1 Prueba simple en obra para determinar el grupo de suelo¹⁾
¹⁾ Basado en Peck, Hanson y Thornburn, "Foundation Engineering", 2da edición, John Wiley & Sons Inc. 1974 y ASTM D2488.



ANEXO F: COMPACTACIÓN DEL RELLENO

Este anexo incluye una serie de consejos útiles sobre la compactación de los distintos tipos de relleno. Las profundidades máximas y mínimas de instalación permitidas varían en función de la selección y compactación relativa del material de relleno utilizado en la zona de la tubería. Cuanto más rígido sea el suelo, más profunda puede ser la instalación para lograr una deflexión o vacío limitados. Este manual ofrece antecedentes generales acerca del comportamiento de los suelos para facilitar la comprensión de nuestros criterios de instalación. Se incluyen consideraciones sobre las variaciones estacionales que deben tenerse en cuenta al evaluar el contenido de humedad potencial del suelo "in situ" y de los materiales de relleno. El valor de compactación recomendado para obtener un valor del módulo del suelo debe considerarse como un valor mínimo y las densidades en obra deben ser iguales o superiores a este requisito.

Para "calibrar" un método de instalación con un tipo específico de relleno, recomendamos que se preste atención especial a las técnicas de compactación y los resultados de la compactación relativa durante la colocación de las primeras secciones de la tubería en el lugar de instalación. Mediante la correlación de la compactación resultante en función del tipo de suelo, el método de colocación de suelos en las áreas del riñón y laterales, los métodos de compactación para las áreas del riñón y laterales, la altura de las capas, el contenido de humedad y el número de pasadas resultantes se puede obtener una idea bastante precisa del esfuerzo que requiere la instalación. Una vez que se hayan instalado los primeros tubos, se deberán realizar ensayos con cierta frecuencia para garantizar que los criterios de compactación y deflexión del tubo se cumplan. Con esta correlación, se puede "calibrar" una técnica para compactar un cierto tipo de suelo y la frecuencia de los controles puede reducirse. Con esta correlación, los trabajadores podrán adquirir un buen entendimiento de los requisitos de una instalación adecuada cuando se utiliza un tipo de relleno específico para un conjunto específico

de requisitos (la norma ASTM D5080 ofrece un método razonable para medir en obra la densidad y humedad de los suelos de forma rápida). Existen muchos métodos para medir en obra la densidad del relleno compactado.

La medición del incremento del diámetro vertical del tubo proporciona una razonable medida del esfuerzo de compactación usado durante la instalación y es otro buen método para medir la "calibración". Si el relleno ha sido colocado adecuadamente y ha sido compactado en las áreas del riñón de la tubería, una buena forma de evaluar la compactación es la medición del diámetro vertical una vez que el relleno ha llegado a la parte superior del tubo (o en cualquier etapa si se monitorea consistentemente). No obstante, se debe tener presente que grandes esfuerzos de compactación pueden resultar en un aumento excesivo del diámetro vertical del tubo. Si esto ocurre, solicite ayuda del fabricante y no continúe instalando los tubos con el método que ha dado lugar al aumento excesivo del diámetro vertical.

Los materiales de relleno de la zona del tubo se deben colocar y compactar en capas uniformes a ambos lados del tubo. Para la colocación y compactación del relleno en las áreas del riñón, se debe empezar a compactar la tierra bajo el tubo y continuar haciéndolo del tubo hacia afuera. En los laterales del tubo la compactación suele progresar mejor cuando se comienza compactando el relleno desde la pared de la zanja hacia el tubo. Por lo general el número de pasadas o aplicaciones repetidas del equipo de compactación (a una velocidad constante de movimiento), incrementará la compactación. Una buena forma de determinar un método de compactación adecuado consiste en medir la compactación y otras medidas de respuesta en función del número de pasadas de un equipo de compactación determinado. Use el número de pasadas y otros criterios, como el contenido de humedad del suelo y la deflexión vertical del tubo,

como medio de control del procedimiento de instalación. Si se cambia de equipo de compactación puede cambiar el número de pasadas necesario para alcanzar un grado de compactación específico. Los vibradores de placa más pesados y más anchos por lo general logran una mayor compactación y a una mayor profundidad que los más ligeros y estrechos. De igual forma, los compactadores de impacto más ligeros y pequeños son menos eficaces para lograr profundidad que los compactadores más grandes y más pesados.

Al compactar sobre la zona superior del tubo se debe estar seguro de que hay suficiente material de relleno por encima del tubo como para no dañar la tubería. Una capa de 150mm debería bastar en los casos en que se use un compactador vibratorio de placa manual; sin embargo, se recomienda el uso de una capa de 300mm cuando se utilice un compactador manual de impacto. Al compactar la primera capa de 300mm directamente sobre la clave del tubo (parte superior) no es realista esperar alcanzar un grado de compactación relativa superior al 85% SPD. Los materiales granulares de relleno proporcionan un alto grado de rigidez con un esfuerzo mínimo de compactación. Los suelos granulares compactos tienen poca tendencia al creep o consolidarse con el paso del tiempo. Los suelos granulares también son menos sensibles a la humedad, tanto en el momento de su colocación como a largo plazo. Cuando se utilizan suelos de grano más fino como relleno, por lo general se reduce el soporte dado a la tubería. Los suelos granulares con más del 12% en peso de componentes finos (suelos con partículas de tamaños menores 75 micrones) se ven afectados por las características de los materiales más finos. Si los componentes finos son limos en su mayor parte (de 37 a 75 micrones), los suelos serán sensibles a la humedad, tendrán tendencia a migrar con las corrientes de agua y requerirán un esfuerzo adicional de compactación. Si los componentes finos son arcillas en su mayor parte (menos de 37 micrones y cohesivos), los suelos serán aún más sensibles a la humedad, lo que reducirá su rigidez, y se deslizarán con el paso del tiempo. Además, por lo general requerirán de un mayor esfuerzo de compactación para lograr la densidad especificada. Limitando el uso de suelos hasta un límite líquido inferior al 40%, se elimina el uso de suelos muy sensibles a la humedad y suelos plásticos.

Los materiales de relleno de tipo SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y confiables como material de relleno para tuberías. Estos suelos tienen una baja sensibilidad a la humedad. La compactación del relleno se puede realizar con un compactador vibratorio de placa en capas de 200mm a 300mm.

Ocasionalmente se tiene que usar un filtro de tela (geotextil) en combinación con el suelo de grava para evitar la migración de componentes finos y la consiguiente pérdida de soporte de la tubería. Ver los criterios en la Sección A.8.

Los suelos de tipo SC3 son aceptables y fácilmente utilizables como material de relleno en instalaciones de tubería. Muchos de los suelos locales en los que se instalan los tubos son del tipo SC3, por lo que el suelo de la zanja puede ser reutilizado como material de relleno. No obstante, se deben tomar precauciones al hacerlo, ya que estos tipos de suelo pueden ser sensibles a la humedad. Las características de los suelos de tipo SC3 a menudo dependen por las características de sus componentes finos. El control de la humedad puede ser requerido cuando se compacte el suelo para lograr la densidad deseada con un grado razonable de energía de compactación y cuando resulte fácil la utilización del equipo de compactación.

Se puede lograr la compactación utilizando un compactador de impacto en capas de 100 a 200 mm.

El suelo de tipo SC4 sólo sirve como material de relleno en la zona del tubo si se toman las siguientes precauciones:

- Se debe controlar la humedad durante la colocación y la compactación.
- No se puede usar en instalaciones que tengan cimientos inestables o agua estancada en la zanja.
- Se debe tener en cuenta que las técnicas de compactación pueden llegar a requerir considerable esfuerzo. Así mismo, se tienen que considerar las limitaciones prácticas de la compactación relativa y la rigidez del suelo resultante.
- Se tiene que compactar las capas de 100mm y 150mm con un compactador de impacto (como un Whacker), un vibroapisonador (Canguro).
- Se deben llevar a cabo pruebas de compactación periódicamente para comprobar que se esté alcanzando el nivel de compactación adecuado. Ver el Anexo D para mayor información.

La compactación del relleno de grano fino se realiza con mayor facilidad cuando el material se encuentra cerca o ha alcanzado su nivel óptimo de humedad. Cuando el material de relleno alcanza la línea de resortes (springline o diámetro horizontal), la compactación debe comenzar cerca de las paredes de la zanja e ir avanzando hacia la tubería.

Se recomienda que la colocación y compactación del relleno en la zona del tubo se realice de manera tal que el tubo se ovalice levemente en dirección vertical. La ovalización vertical inicial, sin embargo, no debe exceder el 1,5% del diámetro del tubo según las medidas tomadas cuando el relleno alcance la clave del tubo. La magnitud de la ovalización inicial obtenida dependerá de la energía requerida para alcanzar la compactación relativa necesaria. Los altos niveles de energía que pueden ser necesarios para los tipos de relleno SC3 y SC4 pueden exceder los límites. Si esto ocurre considere utilizar un tubo más rígido u otro material de relleno o ambas cosas.



ANEXO G: DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

Término	Descripción
Diámetro nominal, DN	La clasificación del diámetro de un tubo expresada en milímetros
Presión nominal, PN	La clase de presión de un tubo expresada en bares de presión
Rigidez nominal, SN	La rigidez específica inicial mínima, EI/D^3 , de un tubo medida en función de la carga necesaria para deflexionar un anillo de tubo, expresada en N/m^2
Clave del tubo	La parte superior del tubo
Invertido del tubo	La línea inferior interna del tubo
Profundidad de enterramiento o tapada	La profundidad de cobertura sobre la clave del tubo
Deflexión	El cambio en el diámetro vertical expresado en forma de porcentaje del diámetro interno del tubo
Springline o diámetro horizontal o línea de resortes	La altura media de un tubo. Las posiciones de 90° y 270° de un tubo en relación con la parte superior central del tubo
Módulo del suelo restringido, Ms	Un módulo secante del suelo medido mediante un ensayo de compresión unidimensional utilizado para describir la rigidez del suelo
Densidad Proctor Estándar, SPD o DPE	La densidad seca máxima que se obtiene en condiciones de humedad óptima, al realizar el ensayo según los parámetros ASTM D968, y utilizada para definir la densidad estándar Proctor del 100%
Porcentaje de la Densidad Estándar Proctor	La "densidad seca alcanzada/máxima densidad seca", expresada en %
Recuento de golpes	El número de impactos de un martillo de 64 kg (140 lbs) que cae desde una altura de 76 cm (30") para clavar un sacamuestras 30 cm (12") según la normativa ASTM D1586



ANEXO H: PESOS APROXIMADOS DE LOS TUBOS Y LOS ACOPLES

DN	Flujo Libre (FL)				PN6				PN10				PN16			
	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples
mm	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/m	kg/m	kg/m	kg
300	9,1	11,3	14,3	7,0	8,2	0,4	12,7	13,0	7,9	10,3	12,7	13,7	7,5	10,3	12,7	14,1
350	12,2	15,1	18,9	8,0	11,1	14,3	17,3	15,0	10,6	13,8	17,3	15,8	11,1	14,3	17,3	16,4
400	15,5	19,4	25,0	9,0	14,5	18,5	23,0	16,8	13,5	17,6	23,0	17,9	14,5	18,5	23,0	18,5
450	19,4	25,0	30,0	10,1	18,4	24,0	29,0	18,8	16,8	22,0	29,0	19,6	18,4	24,0	29,0	21,8
500	24,0	30,0	37,0	11,1	23,0	30,0	35,0	21,0	21,0	27,0	35,0	22,0	23,0	30,0	35,0	23,0
600	33,0	41,0	50,0	12,8	32,0	40,0	48,0	32,0	28,0	37,0	48,0	34,0	32,0	40,0	48,0	35,0
700	44,0	55,0	67,0	15,2	43,0	54,0	66,0	37,0	38,0	49,0	66,0	39,0	43,0	54,0	66,0	42,0
800	57,0	71,0	87,0	18,1	55,0	69,0	86,0	42,0	49,0	64,0	86,0	46,0	55,0	69,0	86,0	50,0
900	72,0	88,0	115,0	21,0	70,0	87,0	110	48,0	61,0	81,0	110	50,0	70,0	87,0	110	58,0
1000	88,0	110,0	140,0	24,0	86,0	110,0	135,0	54,0	75,0	100,0	135,0	60,0	86,0	110,0	135,0	66,0
1200	130,0	160,0	200,0	30,0	125,0	155,0	195,0	66,0	110,0	145,0	195,0	74,0	125,0	155,0	195,0	81,0
1400	175,0	215,0	270,0	37,0	170,0	210,0	260,0	78,0	145,0	195,0	260,0	88,0	170,0	210,0	260,0	100,0
1600	230,0	280,0	345,0	44,0	220,0	270,0	340,0	90,0	190,0	255,0	340,0	105,0	220,0	270,0	340,0	125,0
1800	290,0	355,0	440,0	51,0	275,0	345,0	425,0	105,0	240,0	320,0	425,0	120,0	275,0	345,0	425,0	
2000	355,0	435,0	540,0	61,0	340,0	420,0	530,0	120,0	295,0	390,0	530,0	135,0	340,0	420,0	530,0	
2200	425,0	530,0	650,0	71,0	410,0	510,0	640,0	130,0	355,0	470,0	640,0	155,0	410,0	510,0	640,0	
2400	510,0	630,0	770,0	82,0	485,0	610,0	750,0	145,0	420,0	560,0	750,0	170,0	485,0	610,0	750,0	
2600	600,0	740,0	910,0	110,0	570,0	710,0	890,0	280,0	490,0	660,0	890,0	325,0	570,0	710,0	890,0	
2800	690,0	850,0	1050,0	120,0	660,0	820,0	1030,0	310,0	570,0	760,0	1030,0	355,0	660,0	820,0	1030,0	
3000	790,0	970,0	1210,0	135,0	760,0	940,0	1170,0	335,0	650,0	870,0	1170,0	385,0	760,0	940,0	1170,0	

DN	PN20				PN25				PN32			
	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples	SN 2500	SN 5000	SN 10000	Acoples
mm	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/m	kg/m	kg/m	kg
300	7,4	9,3	11,8	16,7	-	9,2	11,5	16,7	-	-	11,3	16,7
350	9,9	12,3	15,6	19,3	-	12,2	15,4	19,3	-	-	15,0	19,3
400	12,6	15,8	21,0	19,3	-	15,5	19,6	19,9	-	-	19,0	22,0
450	15,5	19,6	26,0	22,0	-	19,1	25,0	22,0	-	-	24,0	25,0
500	18,9	24,0	31,0	23,0	-	24,0	30,0	24,0	-	-	29,0	27,0
600	26,0	32,0	42,0	36,0	-	32,0	40,0	39,0	-	-	39,0	44,0
700	34,0	43,0	56,0	45,0	-	42,0	54,0	47,0	-	-	52,0	56,0
800	44,0	56,0	72,0	53,0	-	55,0	70,0	54,0	-	-	68,0	66,0
900	55,0	70,0	91,0	60,0	-	68,0	88,0	64,0	-	-	85,0	95,0
1000	67,0	86,0	115,0	68,0	-	84,0	110,0	79,0	-	-	105,0	115,0
1200	96,0	125,0	160,0	90,0	-	120,0	155,0	110,0	-	-	150,0	135,0
1400	130,0	165,0	220,0	120,0	-	165,0	210,0	145,0	-	-	205,0	170,0



ANEXO I: REQUISITO APROXIMADO DE LUBRICANTE PARA LAS UNIONES

Díámetro nominal del tubo (mm)	Cantidad nominal de lubricante (kg) requeridos por junta
300 a 500	0,075
600 a 800	0,10
900 a 1000	0,15
1100 a 1200	0,20
1300 a 1400	0,25
1500 a 1600	0,30
1800	0,35
2000	0,40
2200	0,45
2400	0,50
2600	0,55
2800	0,60
3000	0,65

Nota: Las cantidades de lubricante se basan en la lubricación de dos aros de caucho y dos extremos de espigos por junta. Los acoples premontados en fábrica solo requerirán la mitad de las cantidades indicadas para cada junta.



ANEXO J: LIMPIEZA DE LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADOS FLOWTITE

Existen varios métodos para limpiar las tuberías cloacales a gravedad. Estos varían en función del diámetro, el grado y la naturaleza de la obstrucción. Todos utilizan energía mecánica o a presión de agua para limpiar el interior del tubo. En caso de que se recurra a medios mecánicos, se recomienda el uso de "rascadores" de plástico para evitar dañar la superficie interior de la tubería.

En algunos países se ha implementado el uso de agua a alta presión emitida por cabezales con agujeros en su circunferencia para limpiar este tipo de tuberías. No obstante, este procedimiento puede llegar a dañar la mayoría de los materiales de la tubería si no se controla adecuadamente. La experiencia demuestra que para evitar dañar las tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio utilizadas en las redes de saneamiento se deben tomar las siguientes precauciones:

Limpieza de tuberías de alcantarillado y alcantarillado a presión

1. La presión máxima de entrada debe ser de 120 bares*. Dada la baja rugosidad del acabado interior de los tubos de PRFV se puede realizar una limpieza adecuada y la remoción de las obstrucciones por debajo de esta presión.
2. Son preferidos los cabezales con agujeros de salida, de los chorros de agua alrededor de toda la circunferencia. Cabezales con cadenas o alambres, así como sistemas giratorios, cabezales que puedan producir daños, etc, deben ser evitados.

3. El ángulo de salida del agua no debe ser mayor a 30°. Un ángulo menor a 20° es normalmente suficiente para tuberías de PRFV, dado que la lisura de la superficie inhibe la adherencia, y solamente el lavado de la superficie interior es lo necesario.
4. El número de los agujeros para los chorros de agua debe ser de 6 a 8 y su tamaño debe ser como mínimo de 2.4 mm.
5. La superficie externa del cabezal debe ser lisa y el peso máximo de 4.5 kgs. El largo del cabezal, correspondiente al peso, debe ser como mínimo de 170 mm. Para el rango de diámetros pequeños y medios (DN 300 mm a DN 800 mm), se deben utilizar cabezales mas livianos (aproximadamente 2.5 kgs).
6. La velocidad de movimiento hacia delante y hacia atrás del cabezal debe ser limitada a 30 m/min. Movimientos fuera de control del cabezal no están permitidos. Cuando inserte el cabezal dentro del tubo debe tomar los recaudos para que la misma no golpee el tubo.
7. Deslizadores con varios patines tendrán una mayor distancia entre el cabezal y la pared de la tubería, logrando una limpieza menos "agresiva".
8. El uso de equipos o presiones que no respondan a los criterios arriba indicados podrían causar daños a la tubería instalada.

Por mayor información o preguntas, por favor, consulte con el proveedor.

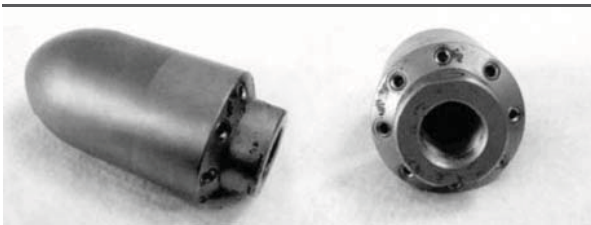


Figura J-1. Cabezal con agujeros para chorro de agua en su circunferencia, 4.5 kgs.

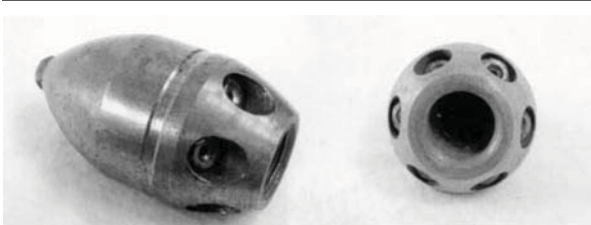


Figura J-2. Cabezal con agujeros para chorro de agua en su circunferencia, 2.5 kgs.

* La limpieza está solamente permitida para ser realizada con un jet-energía-densidad de 600 W/mm². La experiencia ha demostrado que el uso de un determinado cabezal con agujeros para chorro de agua y un caudal de 300 l/min, generan una presión de 120 bares."

Limpeza de tuberías a presión

1. La presión máxima de entrada debe ser de 80 bares. Dada la baja rugosidad del acabado interior de los tubos de PRFV se puede realizar una limpieza adecuada y la remoción de las obstrucciones por debajo de esta presión.
2. Son preferidos los cabezales con agujeros de salida, de los chorros de agua alrededor de toda la circunferencia. Cabezales con cadenas o alambres, así como sistemas giratorios, cabezales que puedan producir daños, etc, deben ser evitados.
3. El ángulo de salida del agua debe estar entre 6° y 15°, relativo al eje del tubo.
4. El número de los agujeros para los chorros de agua debe ser de 6 a 8 y su tamaño debe ser como mínimo de 2.4 mm.
5. La superficie externa del cabezal debe ser lisa y el peso máximo de 2.5 kgs.
6. La velocidad de movimiento hacia delante y hacia atrás del cabezal debe ser limitada a 30 m/min. Movimientos fuera de control del cabezal no están permitidos. Cuando inserte el cabezal dentro del tubo debe tomar los recaudos para que la misma no golpee el tubo.
7. Deslizadores con varios patines tendrán una mayor distancia entre el cabezal y la pared de la tubería, logrando una limpieza menos "agresiva" (Ver Figura J-3).
8. El uso de equipos o presiones que no respondan a los criterios arriba indicados podrían causar daños a la tubería instalada.

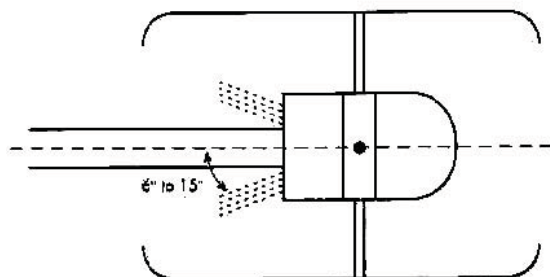


Figura J-3. Cabezales con agujeros para chorro de agua en su circunferencia, con platinas de deslizamiento.

Por mayor información o preguntas, por favor, consulte con el proveedor.

Esta Guía de Instalación de Tuberías Enterradas es propiedad intelectual de FTEC. Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción parcial o total de este Manual de Instalación, así como su archivo en un formato que pueda ser recuperado o transmitido en cualquier forma o por medios electrónicos, mecánicos, fotocopias, grabado o de cualquier otra forma sin permiso del propietario intelectual de este manual.

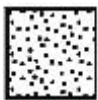
PERFILES PARA LOS RELLENOS



Lecho de asiento/
fundación compactada



Lecho de asiento/
Fundación



Relleno



Relleno compactado



Concreto / hormigón



Madera



Piedra

Este manual constituye sólo una guía. Los valores incluidos en las especificaciones del producto son nominales. Podrían obtenerse resultados no satisfactorios del producto debido a cambios ambientales, variaciones en los procedimientos de operación o interpolación de información. Se recomienda que el personal que utilice esta información, tenga capacitación especializada y experiencia en la aplicación de estos productos y en su normal instalación y condiciones de funcionamiento. Antes de instalar cualquiera de estos productos, siempre se debe consultar al personal de ingeniería a fin de asegurar la adecuación de los mismos a los fines y aplicaciones para los cuales fueron fabricados. Por ello, en la medida que este manual constituye una mera guía y su propósito no es determinar el grado de cuidado requerido para la instalación del producto o del servicio, deslindamos cualquier tipo de responsabilidad por pérdidas y/o daños emergentes causados por la instalación o uso de los productos mencionados en este manual. Nos reservamos el derecho de revisar la información contenida en el manual, cuando sea necesario, sin obligación de cursar notificación alguna.

Cualquier comentario respecto del presente manual será bienvenido.



AMITECH ARGENTINA
Av. Córdoba 1131 2P
C1055AAN Capital Federal
Tel.: +54 11 4816 8858
Fax: +54 11 4816 8422
info@amitech.com.ar
www.amitech.com.ar

ARG

BRA

COL

MEX



» GUÍA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ENTERRADAS

AMITECH ARGENTINA

Av. Córdoba 1131 2P
C1055AAN Capital Federal
Tel.: +54 11 4816 8858
Fax: +54 11 4816 8422
info@amitech.com.ar
www.amitech.com.ar

**SOLUCIONES INTEGRALES
PARA EL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE FLÚIDOS**

