INSTALACION DEL TUBO DE CONCRETO

American Concrete Pipe Association
8618 Westwood Center Drive
Vienna, Virginia 22182

Traducido por
Tubos de Concreto de Toluca S.A. de C.V.
Adolfo López Mateos 128
Zinacantepec, México 50120

TABLA DE CONTENIDOS

	PAGINA
INTRODUCCIÓN.....	1
PRE – CONSTRUCCIÓN.....	2
Precauciones.....	2
Pedido, Recepción y Manejo.....	2
Descarga.....	3
Apilado.....	6
INSTALACIÓN.....	8
Alineación y Pendiente.....	8
Límites de la excavación.....	13
Material de excavación.....	15
Desaguar.....	15
Instalaciones Estándar.....	15
Encamado Clase D.....	25
Encamado Clase C.....	25
Plantilla Conformada o Cimentación granular.....	25
Encamado Clase B.....	26
Plantilla Conformada o Cimentación granular.....	26
Encamado Clase A.....	26
Cama o Arco de Concreto.....	26
Encamado de Sección en caja.....	27
Uniones.....	36
Goma.....	36
Mastique.....	40
Mortero.....	40
Tela de Filtro Geotextil.....	41
Bandas externas.....	41
Procedimientos de Unión.....	41
Conexiones de Servicio.....	44
Alineación en curva.....	44
Relleno Final.....	48

Pruebas de Aceptación..... 48
Densidad del Suelo.....49
Alineación y Pendiente..... 50
Inspección Visual..... 50
Infiltración..... 51
Exfiltración..... 53
Prueba de Aire..... 56
Prueba al Vacío.....59
Prueba de Uniones.....59
Aire..... 59
Agua..... 60
ESPECIFICACIONES..... 41
APÉNDICE..... 69
Clasificaciones de Suelo AASHTO
y Equivalentes Al USCS para las
designaciones de Suelo.....70
Pies de Columna de agua a Presión,
Libras por Pulgada Cuadrada.....71
Pies de Columna de agua a Kilo pascales
(kN/m²)..... 71

INTRODUCCIÓN

Este manual es una guía para la adecuada instalación del tubo de concreto. Durante los últimos 20 años, la American Concrete Pipe Association ha hecho una completa investigación y análisis de los factores que afectan el desempeño del tubo de concreto. La culminación de este esfuerzo de investigación fue el desarrollo de cuatro nuevas Normas o Estándares de Instalación, el primer cambio fundamental en las recomendaciones de instalación del tubo de concreto en el curso de setenta años. Estas nuevas instalaciones con la última tecnología reflejan los varios factores que afectan al sistema tubo-suelo.

El presente manual, aunque se enfoca en la construcción del sistema tubo-suelo, también trata con aquellos factores críticos relacionados con la terminación del sistema completo, desde la entrega del tubo de concreto al sitio de trabajo hasta la aceptación de la línea de tubos instalada.

Este manual es simplemente una guía y no pretende reemplazar las especificaciones del proyecto.

PRE-CONSTRUCCION

PRECAUCIONES

La normatividad Federal que cubre los aspectos de seguridad para todos los tipos de construcción, incluyendo instalación de alcantarillas y pasos de agua, se publica en la Reglamentación para la Construcción por parte del Departamento del Trabajo, Seguridad Ocupacional, y Administración de la Salud de los Estados Unidos (OSHA) Estos reglamentos aplican a todos los contratistas y subcontratistas principales involucrados con cualquier tipo de construcción, incluyendo las modificaciones y trabajos de reparación.

El instalador deberá también consultar las prácticas de instalación contra los supuestos de diseño del ingeniero, particularmente en relación con el uso de las cajas de zanjas y los requisitos de compactación del relleno.

PEDIDO, RECEPCIÓN Y MANEJO

Aunque el pedido de los materiales sea la responsabilidad del contratista, la familiaridad del proveedor y del ingeniero con el plan de trabajo propuesto por el contratista permitirá una mejor coordinación con la finalidad de evitar errores y posibles retrasos en la entrega de los tubos. Los fabricantes de tubos almacenan una amplia gama de tamaños y resistencia de los mismos, pero las instalaciones de producción se deben frecuentemente adaptar para cumplir con los requisitos específicos del proyecto, especialmente cuando están involucrados grandes cantidades o tipos especiales de tubo. La información requerida para iniciar un pedido de tubo deberá estar por escrito e incluye:

- Nombre y Ubicación del proyecto.
- Tamaño del tubo, longitud de tendido y resistencia
- Longitud total de cada tipo y tamaño de tubo
- Tipo de unión

- Tamaño y cantidad de las secciones de base de pozos de visita (manholes), secciones elevadas, secciones cónicas y anillos de nivel
- Lista de los accesorios y artículos especiales incluyendo el radio del tubo con la secuencia de tendido.
- Requisitos del material de Prueba
- Cantidades del material de unión
- Instrucciones de facturación

Se deberá verificar cada uno de los siguientes puntos del tubo, claramente marcados en cada sección del mismo:

- Designación de las especificaciones
- Clase del tubo o denominación de la resistencia
- Ancho, altura, número de tabla, tapa de la caja y diseño de relleno para la ASTM C789 (M) las secciones en caja, y ancho, altura, número de tabla para las secciones en caja del ASTM C 850 (M)
- Fecha de fabricación
- Nombre o marca del fabricante
- Para los tubos reforzados con una orientación de refuerzo (E) elíptica o de (Q) cuadrante, las letras E o Q respectivamente

DESCARGA

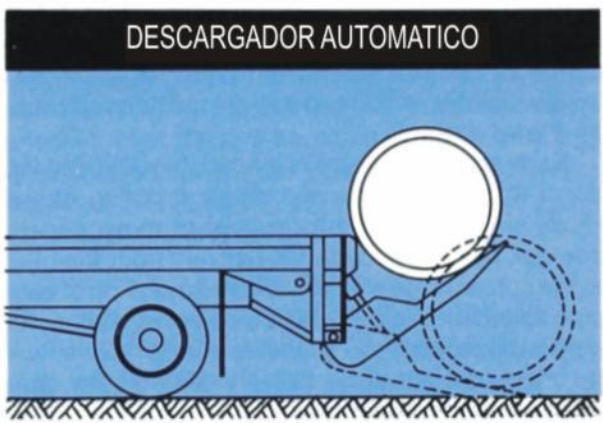
La descarga del tubo se debe coordinar junto con la secuencia del programa de construcción e instalación con la finalidad de evitar traslados y manejos innecesarios del material. El contratista deberá ofrecer un acceso al sitio de trabajo para asegurar que el transporte del fabricante de tubo pueda entregar por sí mismo el tubo al área de descarga.

Cada embarque de tubería es cargado, atracado y amarrado en la planta para evitar daños durante el transporte. Sin embargo, es la persona que recibe quién tiene que asegurarse que no ha ocurrido daño alguno al momento de la entrega desde la planta hasta el sitio de construcción. Se deberá realizar una inspección completa de cada embarque de tubo a la llegada, antes de descargar los tubos. Las cantidades totales de cada artículo se deberán de verificar contra la remisión de entrega y cualquier pieza dañada o faltante se deberá registrar en la remisión de entrega.

En caso de que un tubo se dañe durante la entrega o la descarga, el tubo se deberá separar. Los extremos dañados, las partes astilladas o las grietas que no atraviesen la pared generalmente se pueden reparar.

Muchas unidades de transporte están equipadas con descargadores automáticos que aceleran la descarga de la tubería circular. Estos descargadores automáticos consisten de un aparato tipo montacargas montado en la parte posterior de un camión de plataforma. Las cuchillas rotan verticalmente en vez de hacia arriba y abajo, de tal forma que cuando están en posición vertical, estas se extienden por encima de la caja del camión. Esto proporciona un tope y amortiguamiento para las secciones de tubo en el momento en que ruedan hacia la parte trasera del camión para su descarga. Un soporte formado por las cuchillas y la estructura de descarga sujeta firmemente la sección de tubo que es descargada conforme las cuchillas rotan hacia abajo y descienden a nivel del terreno.

Se deberá controlar la descarga del tubo de tal forma que este no choque contra otras secciones del tubo o accesorios, y se debe de tener cuidado para evitar el resquebrajamiento, especialmente de las espigas y campanas. Se deberá tener cuidado para



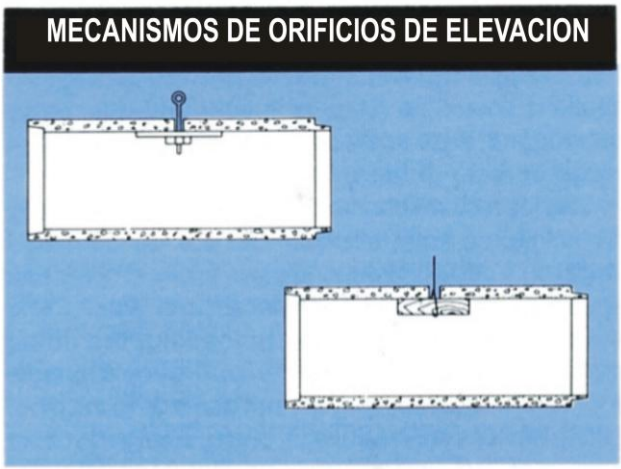
asegurar que otros trabajadores estén fuera del trayecto del tubo mientras este se baje.

Si el tubo tiene que moverse después de su descarga, las secciones se deben rodar o levantarse pero nunca se deben arrastrar. Las secciones de tubo no se deben rodar sobre terreno pedregoso o accidentado.

Es necesario el uso de equipo mecánico para descargar las secciones en caja o box culverts, los tubos elípticos, de arco y tubos circulares de mayor tamaño: Este equipo puede normalmente simplificar y acelerar la descarga de los tubos más pequeños. Cuando se utilice equipo mecánico para la descarga, el dispositivo de elevación que se conecta al tubo deberá permitir un manejo apropiado y seguro sin daño al tubo. Los dispositivos utilizados para levantar los tubos tales como ganchos, cadenas, cable de acero, bandas y cuerda se deberán colocar alrededor del tubo, o colocados de tal forma que el tubo se levante en posición horizontal. Si el aparato para elevar puede resquebrajar o dañar el tubo, se deberá utilizar un relleno acojinado entre el tubo y el dispositivo. Estos tipos de dispositivos de elevación no se deberán pasar a través del tubo. Otros dispositivos que están diseñados para pasar a través o dentro del tubo no deberán tocar la espiga o las superficies de unión, y se deberán extender lo suficientemente lejos del extremo del tubo para dejar un espacio libre adecuado para las líneas de elevación.

Cuando el tubo cuenta con orificios de elevación, el dispositivo de elevación deberá pasar a través de la pared y distribuir el peso a lo largo del cuerpo interior del tubo. Los orificios para elevación o los dispositivos para los cajones deberán estar ubicados tan cerca de la pared como sea práctico y no en la porción central de la superficie superior.

El dispositivo de elevación de uso más común en los orificios de elevación consiste en un cable trenzado con una argolla y una placa de apoyo. En caso de que no esté fácilmente disponible un dispositivo de elevación, se puede pasar una eslinga a través del orificio de elevación dentro del orificio del tubo y después alrededor de una pieza de



madera de una longitud y sección transversal adecuadas para asegurar una estabilidad estructural. Para las secciones con pozo de inspección, las cónicas, bases y otros accesorios prefabricados, se deberán utilizar los orificios de elevación proporcionados.

Sin importar el método empleado para descargar el tubo, se deberá tener precaución para evitar el daño al mismo y asegurar que este se descargue de una manera segura.

ALMACENAJE

Cualquier almacenaje de tubos deberá estar lo más cerca posible al lugar en donde el tubo va a ser instalado. Los tubos de diámetro pequeño deberán ser superpuestos de la misma manera en que se cargaron en el camión. La capa inferior deberá colocarse sobre una base plana y bloqueada adecuadamente para prevenir el deslizamiento conforme se añaden mas capas. Cada capa de la campana y espiga del tubo deberá disponerse de tal

forma que la totalidad de las campanas se encuentren en el mismo extremo. Las campanas en la siguiente capa deberán estar en el extremo opuesto, y saliendo más allá de los espigas de las secciones de tubo en la capa inferior. En donde solo se apile una capa, los extremos de la campana y de la espiga deberán alternarse entre secciones de tubo adyacente. Todos los tubos deberán estar sostenidos por el cuerpo del tubo de tal forma que los extremos de las uniones estén libres de concentración de carga. Las secciones de tubo normalmente no deben ser apiladas en el sitio de trabajo en una cantidad de capas mayor a lo que equivale una altura de 2 m (6 pies) Las secciones en caja pueden ser apiladas de la misma forma –en general- que los tubos.

Todos los materiales de empaque flexible no cementados al tubo, incluyendo los compuestos de lubricación de las uniones, deberán de almacenarse en un lugar fresco y seco para ser distribuidos conforme se requiera. Los empaques de goma y el mastique o prefabricados deberán conservarse limpios, y fuera del contacto con aceite, grasa, calor excesivo y fuera de los rayos directos del sol.

INSTALACIÓN

Alineación y Pendiente

Para la construcción de alcantarillas, donde el tubo se instala en una zanja, la alineación y pendiente se establecen normalmente mediante uno o una combinación de los siguientes métodos:

- Puntos de control consistentes en estacas, clavos, tapones o palos colocados a pendiente del terreno y separados una cierta distancia del eje propuesto de la alcantarilla
- Puntos de control establecidos en el fondo de la zanja después de excavar la zanja
- Elevaciones en el fondo de la zanja y en el inverso del tubo mientras la excavación y la instalación del tubo está en proceso

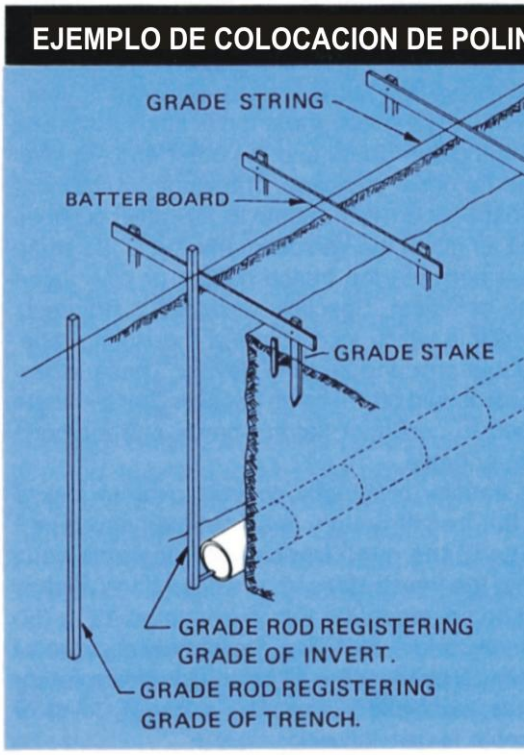
Con la finalidad de transferir la alineación y pendiente al fondo de la zanja, se utilizan instrumentos de transferencia especialmente diseñados, como tablas previsoras cinta y nivel en donde se establecen los puntos de control en la superficie y la desviación. Sin importar que tipo particular de aparato de transferencia se utilice, los principios básicos son:

- Estacas, clavos, tapones o palos como puntos de control se colocan al ras del suelo a intervalos de 7.5 a 15 m (25 a 50 pies) para una directa alineación con intervalos más cortos para alineación en curva.
- Desviar los puntos de control a 3m (10 pies) u otra distancia conveniente al lado opuesto de la zanja de donde se colocará el material excavado
- Determinar las elevaciones de los puntos de control mediante un nivel, teodolito o algún otro equipo de nivelación e indicar en la estaca niveladora, puesta al lado del punto de control, la profundidad desde el punto de control al fondo de la zanja o el inverso del tubo
- Por medio de estacas de pendiente más largas, colocadas inmediatamente adyacentes a los puntos de

control, se amarra un hilo continuo a las estacas niveladoras a distancias determinadas arriba del fondo de la zanja o al inverso del tubo.

- Después de colocar los puntos de control de la superficie, se prepara una hoja que enliste los puntos de referencia, estacionarios, distancia de separación y distancia vertical desde los puntos de control al fondo de la zanja o al inverso del tubo.

  Para zanjas estrechas, se coloca un polín o tabla provisoria para establecer la línea de excavación horizontal a lo largo de la zanja y se fija adecuadamente



a cada extremo. El polín se coloca a pendiente a la misma elevación que el hilo y se clava en el borde superior de la línea central del tubo. En muchos casos, la tabla provisional se utiliza sólo como una horquilla con un corto polín vertical clavado en la línea central del tubo. Un hilo se jala tensamente a lo largo de un mínimo de tres polines y la línea se transfiere al fondo de la zanja con una cuerda de plomada sujeta contra el hilo. La pendiente se transfiere al fondo de la zanja mediante un nivelador o algún otro dispositivo de medición vertical.

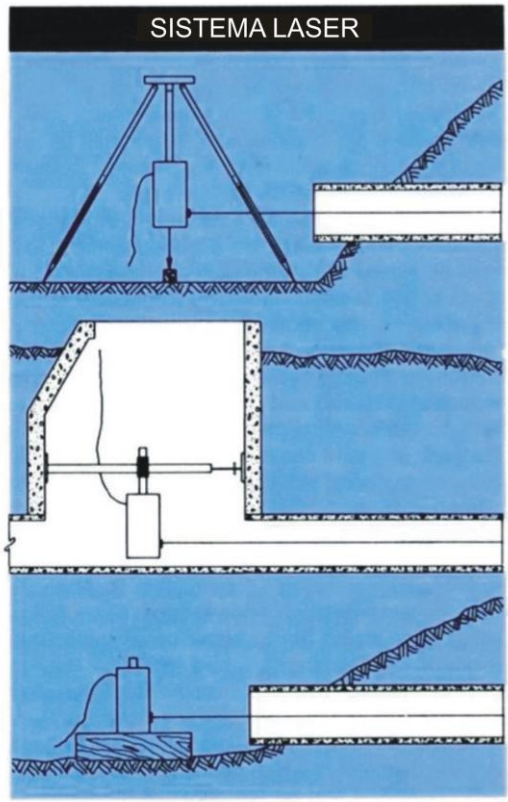
En donde se requieran zanjas amplias, debido a tubos grandes o existan paredes de zanja inclinadas, podría ser que el polín no alcance a dar la extensión del ancho de la excavación. En tales casos, se aplica el mismo principio de transferencia, excepto que el nivelador vertical se une a un extremo del polín y el otro extremo se coloca a pendiente contra el eje de la tubería desfasada. La longitud del polín horizontal es el mismo que la distancia de desfase y la longitud de nivel vertical es la misma distancia entre el fondo de la zanja o el inverso del tubo y el hilo. Existen instrumentos especialmente diseñados que incorporan una cinta de medir, un brazo extensible y un dispositivo de nivelación. Estos instrumentos se basan en el mismo principio, pero eliminan la necesidad de construir polines con los soportes, además que son portátiles.

La transferencia de los puntos superficiales de control a las estacas a lo largo del fondo de la zanja es algunas veces necesario debido a que en las zanjas profundas, los suelos inestables requieren que los lados de la zanja sean aplanados. Se deben colocar las estacas a lo largo del fondo de la zanja a intervalos de 15m (50 pies) y se debe tirar un hilo entre 2 o tres puntos de control. Normalmente se utiliza un nivel, teodolito o láser donde se establecen la alineación y el pendiente conforme procede la excavación.

Cuando se definen la alineación y la pendiente para alcantarillados instalados a más o menos la misma elevación que el terreno original, se colocan puntos de control del alcantarillado durante el levantamiento de construcción. Se colocan las estacas a lo largo del alcantarillado mediante un nivel de mano o algún instrumento de levantamiento. Si primero se construye el terraplén y luego se excava una subzanja, se pueden emplear los mismos métodos que para las excavaciones de zanjas.

Cuando se instala el tubo con el método de construcción de hincado o tuneleo, se deberá establecer un punto de control preciso al fondo de la lumbrera. Se puede obtener un buen control de alineación vertical y horizontal mediante un teodolito o un láser. Si la excavación y la instalación del tubo se extienden por varios cientos de metros o pies de una lumbrera, o la alineación horizontal está curveada, se pueden colocar tubos verticales en la superficie y arrojar plomadas a través de estos. En muchos casos se perforan orificios verticales desde la superficie para lubricar la parte exterior del tubo o lechada y estos mismos se pueden emplear para checar la alineación y el pendiente.

Para la construcción de alcantarillas y drenajes está disponible un láser de helio-neón especialmente diseñado. El instrumento básicamente convierte la potencia de entrada en un rayo de luz que se proyecta como un rayo delgado más que como un brillo en todas las direcciones como un foco normal. El rayo de luz es un hilo continuo y sin interrupciones que no se pandea y se puede utilizar para distancias de hasta 90 a 150 metros (1000 pies) El láser proyecta un rayo de luz cuyo diámetro depende de la distancia a la cual se proyecte y de la óptica del instrumento en particular. Normalmente el rayo es del tamaño de un lápiz. Ya que el láser es un rayo de luz, este es visto ya sea al ver hacia el instrumento o interceptando el rayo con el blanco que refleje la luz.



Como cualquier otro instrumento de levantamiento, el ajuste inicial es muy importante. Pero una vez que el láser está ajustado de acuerdo a la alineación y la pendiente, este proporciona una línea constante de referencia desde la cual se pueden tomar medidas en cualquier punto a lo largo del rayo. Un trabajador puede medir rápidamente y con precisión desviaciones de la construcción con una regla o estadal normal, generalmente dentro de 15.8 mm (0.0625 pulgadas) o menos.

El láser se puede montar dentro de un pozo de visita, en un tripié o colocarse sobre una superficie sólida para proyectar el rayo de luz hacia afuera o adentro del tubo.

El láser de helio-neón de baja potencia empleado en la construcción no se considera un instrumento peligroso. No obstante, alguien que deliberadamente fije la vista en un láser de 1 a 3 miliwatts durante el tiempo suficiente podría sufrir daños al ojo (lo cual es comparable a ver directamente al sol, o a una soldadora)

LIMITES DE LA EXCAVACIÓN

Los límites más importantes de la excavación son el ancho y la profundidad de la zanja. Conforme avanza la excavación, la pendiente de la zanja se debe verificar continuamente contra las elevaciones establecidas en el perfil de alcantarillas. Las profundidades incorrectas de la zanja pueden ocasionar puntos altos o bajos en la línea que pudieran afectar adversamente la capacidad hidráulica del alcantarillado y requerir de una corrección o mantenimiento adicional después de terminar la línea.

La carga del relleno transmitida al tubo depende directamente de lo ancho de la zanja. Para determinar la carga de relleno, el diseñador supone cierto ancho de la zanja y luego selecciona la resistencia del tubo capaz de soportar esta carga. Si la anchura de la zanja construida excede el ancho adoptado en el diseño, el tubo estará sobrecargado y posiblemente estructuralmente dañado. Debido a que a que las cargas de relleno y los requerimientos de resistencia del tubo están en función del ancho de la zanja, en los planos o dibujos estándar se establecen anchuras máximas de la zanja. En donde no se indiquen los anchos de zanja máxima en cualquiera de los documentos de construcción, estos anchos de zanja deberán de ser lo más estrecho posible con un espacio lateral libre lo suficientemente adecuado para asegurar una correcta compactación del material de relleno a los lados del tubo

Se pueden utilizar los siguientes anchos de zanja como guía para los tubos de concreto circulares:

Pipe Diameter (millimeters)	Trench Width (millimeters)	Pipe Diameter (millimeters)	Trench Width (millimeters)
100	470	1500	2500
150	540	1650	2800
200	600	1800	3000
250	680	1950	3200
300	800	2100	3400
375	910	2250	3600
450	1020	2400	3900
525	1100	2550	4100
600	1200	2700	4300
675	1300	2850	4500
825	1600	3000	4800
900	1700	3150	5000
1050	1900	3300	5200
1200	2100	3450	5400
1350	2300	3600	5600

NOTE: Trench widths based on 1.25 Bc + 300 where Bc is the outside diameter of the pipe in millimeters.

Pipe Diameter (inches)	Trench Width (feet)	Pipe Diameter (inches)	Trench Width (feet)
4	1.6	60	8.5
6	1.8	66	9.2
8	2.0	72	10.0
10	2.3	78	10.7
12	2.5	84	11.4
15	3.0	90	12.1
18	3.4	96	12.9
21	3.8	102	13.6
24	4.1	108	14.3
27	4.5	114	14.9
33	5.2	120	15.6
36	5.6	126	16.4
42	6.3	132	17.1
48	7.0	138	17.8
54	7.8	144	18.5

NOTE: Trench widths based on 1.25 Bc + 1 ft where Bc is the outside diameter of the pipe in inches.

MATERIAL EXCAVADO

Si el material excavado va a ser almacenado en la parte superior de la línea de drenaje, se debe tener una consideración especial a la sobrecarga durante el diseño del tubo.

El material apilado excavado adyacente a la zanja ocasiona una sobrecarga que pudiera derrumbar las paredes de la zanja. La habilidad de las paredes de la zanja de permanecer verticales bajo esta carga adicional depende de las características de cohesión del tipo de material excavado. Se deberá considerar esta sobrecarga al evaluar la necesidad de proporcionar soporte a la zanja. Puede ser necesario en donde se excavan zanjas profundas o anchas llevarse una parte del suelo excavado o esparcir el apilado con una pala recta o algún otro equipo. En caso de que el material excavado se vaya a utilizar como relleno, el material apilado deberá ser visualmente inspeccionado para ver si existen rocas, terrones congelados, arcilla altamente plastificada o algún otro material cuestionable. Si el suelo excavado difiere considerablemente del material de relleno proyectado descrito en los planos, pudiera ser necesario remover y llevarse el suelo inapropiado y traer el material de relleno seleccionado.

MATERIAL EXCAVADO

Se requerirá de un control del agua existente en la superficie y en el subsuelo con la finalidad de que existan las condiciones secas durante la excavación y el tendido del tubo. Previamente a la excavación se deberán investigar las condiciones del agua del subsuelo.

ESTÁNDARES DE INSTALACIÓN

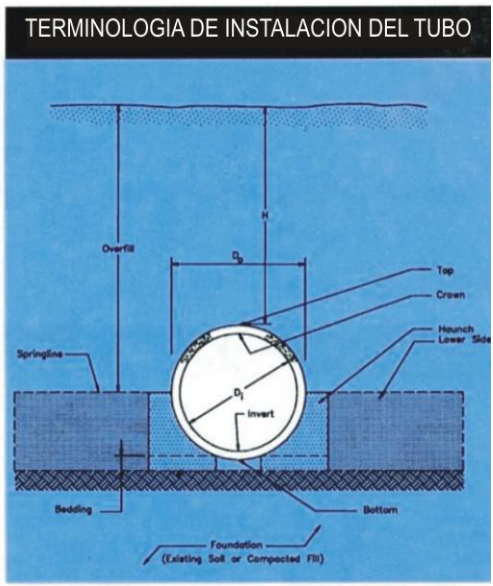
Se desarrollaron cuatro nuevos estándares de Instalación, mediante consultoría con los contratistas e ingenieros, las cuales se presentan en las

siguientes paginas. Las siguientes ideas, formuladas en base a la experiencia, se han confirmado con estudios de parámetros. Estos estándares de instalación representan una mejor comprensión de los factores de instalación que afectan el desempeño del tubo y reflejan las técnicas modernas de construcción. Están diseñadas para mejorar el desempeño del tubo enfatizando lo que significan los correctos requisitos de instalación y construcción. Al proporcionar instalaciones que utilizan una amplia variedad de materiales de relleno, incluyendo materiales naturales, estos Estándares de Instalación ofrecen al propietario, al ingeniero y al contratista una mayor versatilidad para seleccionar la instalación que cumpla con su muy particular combinación de condiciones del sitio, de los materiales de relleno y de los materiales deseados de construcción e inspección. Algunas de las ideas incluidas en los Estándares de Instalación difieren de las prácticas actuales estándar:

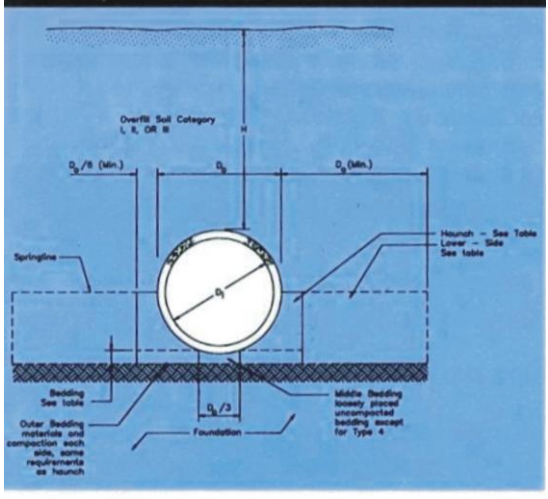
- La tierra en el área de la zanja desde la cimentación al eje de la tubería del tubo proporciona un soporte importante al tubo y reduce el esfuerzo del tubo.
- Un encamado suelto sin compactar directamente bajo el inverso del tubo significativamente reduce la tensión y el esfuerzo del tubo.
- Los materiales de instalación y los niveles de compactación debajo del eje de la tubería tienen un efecto importante en los requerimientos estructurales del tubo.
- El suelo en esas porciones del encamado y área del acostillado directamente bajo el tubo es difícil de compactar.
- El nivel de compactación del suelo directamente arriba del acostillado, del eje de la tubería del tubo a la parte superior del lomo del tubo, tiene un efecto insignificante sobre la tensión del tubo. La compactación del suelo en esta área no es necesaria a menos que sea requerida para la estructura del pavimento.

Estos nuevas cuatro Estándares de Instalación identifican cuatro zonas principales que circundan la mitad inferior del tubo, y que son críticas para el sistema tubo-suelo.

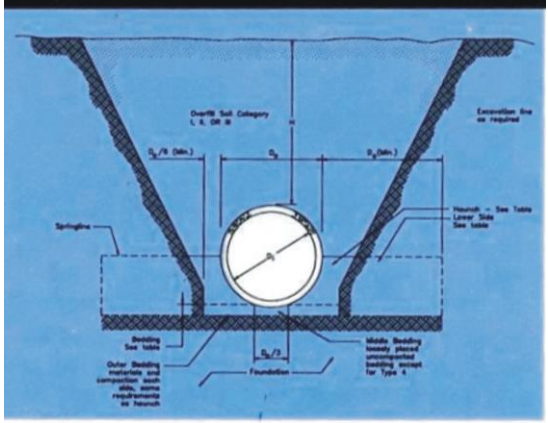
Las cuatro zonas son el encamado medio, el encamado exterior, el acostillado y los lados bajos. El tipo de material (basado en las características del suelo) y el nivel de compactación varían con el tipo de instalación (por ejemplo 1,2,3,4) y el tipo de material empleado en la construcción de estas zonas importantes.



INSTALACION ENCAMADO ESTANDARD



INSTALACION DE ZANJA ESTANDARD



STANDARD EMBANKMENT INSTALLATION SOILS AND MINIMUM COMPACTION REQUIREMENTS			
Installation Type	**Bedding Thickness**	**Haunch and Outer Bedding**	**Lower Side**
Type 1	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	95% CAT I	90% CAT I, 95% CAT II, or 100% CAT III
Type 2	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	90% CAT I or 95% CAT II	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III
Type 3	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III
Type 4	No bedding required, except if rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	No compaction required, except if CAT III, use 85% CAT III	No compaction required, except if CAT III, use 85% CAT III

Notas:

Los símbolos de la compactación y del suelo -"95% CAT I"- se refieren a los materiales del suelo con una compactación mínima estándar proctor de 95%. Vea la Tabla 1 para los valores modificados equivalentes proctor.
El suelo en el encamado exterior, el acostillado, y las zonas del lado inferior, excepto dentro de Do/3 del eje de la tubería del tubo, deberán de compactarse a cuando menos el mismo nivel de compactación que para la mayor parte del suelo en la zona de relleno.
SUB-ZANJAS

3.1 Una sub-zanja se define como una zanja con su parte superior por debajo un grado terminado por más de 0.1H o, para caminos, su parte superior que esté a una elevación menor que 1' (0.3 m) por debajo del fondo del material base del pavimento

3.2 El ancho mínimo de una sub-zanja debe ser de 1.33 Do, o mayor si así se requiere para un espacio adecuado con la finalidad de alcanzar la compactación especificada en las zonas del acostillado y el encamado.

3.3 Para las sub-zanjas con paredes de suelo natural, cualquier porción de la zona lateral inferior en la pared de la sub-zanja deberá estar tan firme como un suelo equivalente colocado con los requerimientos de compactación especificados para la zona lateral inferior y tan firme como la mayor parte del suelo en la zona de relleno, o deberá ser removido y reemplazado con un suelo compactado al nivel especificado.

STANDARD TRENCH INSTALLATION SOILS AND MINIMUM COMPACTION REQUIREMENTS			
Installation Type	**Bedding Thickness**	**Haunch and Outer Bedding**	**Lower Side**
Type 1	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	95% CAT I	90% CAT I, 95% CAT II, or 100% CAT III
Type 2	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	90% CAT I or 95% CAT II	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III
Type 3	D_o/24 minimum, not less than 3" (75mm). If rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III	85% CAT I, 90% CAT II, or 95% CAT III
Type 4	No bedding required, except if rock foundation, use D_o/12 minimum, not less than 6" (150mm)	No compaction required, except if CAT III, use 85% CAT III	No compaction required, except if CAT III, use 85% CAT III

N

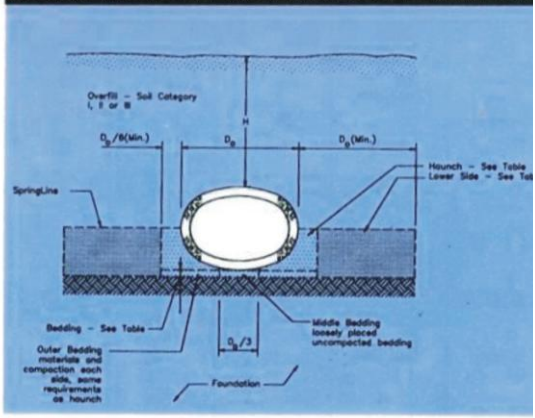
NOTAS:

1. Los símbolos de la compactación y del suelo -"95% CAT I"- se refieren a los materiales del suelo con una compactación mínima estándar proctor de 95%. Ver la Tabla 1 para los valores modificados equivalentes proctor.
2. 2La elevación máxima de la zanja no debe ser menor a 0.1H por debajo del nivel terminado o, para los caminos, su máximo no deberá ser menor que una elevación de 1' (0.3) por debajo del fondo del material de base del pavimento.
3. El suelo en las zonas del encamado y acostillado deberá compactarse a cuando menos la misma compactación especificada para la mayor parte del suelo en la zona de relleno.
4. El ancho de la zanja deberá ser mayor que el mostrado en caso de requerirse un espacio adecuado para alcanzar la compactación especificada en las zonas de acostillado y de encamado.
5. Para las paredes de la zanja que están a 10 grados de la vertical, no se necesita considerar la compactación o firmeza del suelo en la zona de paredes de la zanja y en la zona inferior.
6. Para las paredes de zanja con inclinaciones mayores a 10 grados que consisten de terraplén, el lado inferior deberá compactarse a cuando menos la misma compactación que la especificada para el suelo en la zona de relleno.

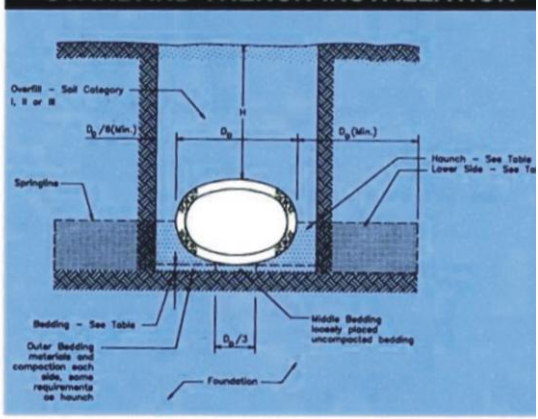
TABLE 1—EQUIVALENT USCS AND AASHTO SOIL CLASSIFICATIONS FOR SIDD SOIL DESIGNATIONS

SIDD Soil	Representative Soil Types		Percent Compaction	
	USCS	AASHTO	Standard Proctor	Modified Proctor
Gravelly Sand (CAT I)	SW, SP GW, GP	A1, A3	100 95 90 85 80 61	95 90 85 80 75 59
Sandy Silt (CAT II)	GM, SM, ML Also GC, SC with less than 20% passing #200 sieve	A2, A4	100 95 90 85 80 49	95 90 85 80 75 46
Silty Clay (CAT III)	CL, MH GC, SC	A5, A6	100 95 90 85 80 45	90 85 80 75 70 40
	CH	A7	100 95 90 45	90 85 80 40

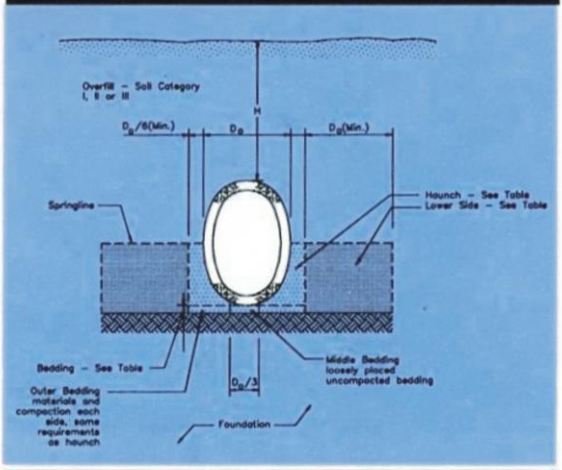
TUBO ELIPTICO HORIZONTAL INSTALACION ENCAMADO ESTARDAR



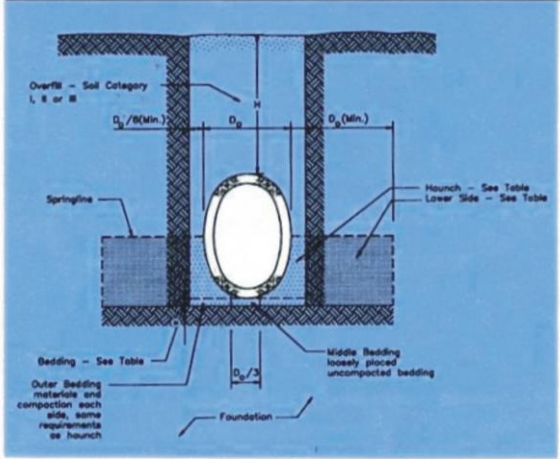
TUBO ELIPTICO HORIZONTAL INSTALACION DE ZANJA ESTARDAR



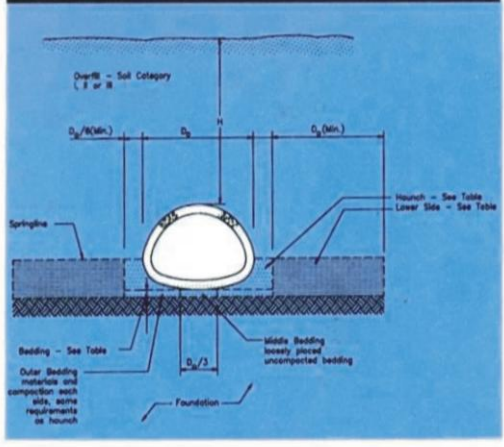
TUBO VERTICAL ELIPTICO INSTALACION ENCAMADO ESTARDAR



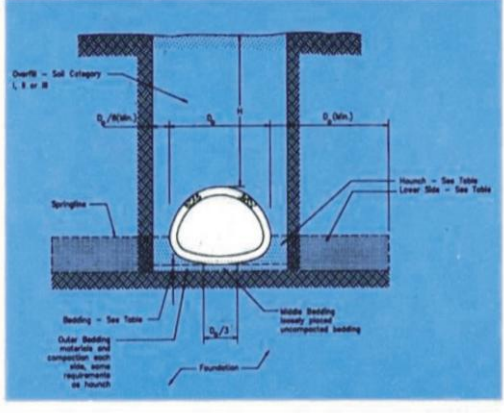
TUBO VERTICAL ELIPTICO INSTALACION DE ZANJA ESTARDAR



TUBO EN ARCO
INSTALACION ENCAMADO ESTARDAR



TUBO EN ARCO
INSTALACION DE ZANJA ESTARDAR



Para aquellos proyectos que aun utilizan los tipos anteriores de encamado, se presentan los tipos de encamado A, B, C y D.

ENCAMADO CLASE D

Utilizado únicamente con el tubo circular, se requiere de poca o ninguna precaución ya sea para dar forma a la superficie de los cimientos para ajustar la parte inferior del exterior del tubo, o para llenar los espacios abajo y alrededor del tubo con material granular. Sin embargo, la gradiente del encamado debe ser suave y debe corresponder al pendiente establecido. Este tipo de encamado también incluye el caso del tubo en cimientos de roca en los que existe un colchón de tierra bajo el tubo pero es tan delgado que el tubo, conforme se asienta bajo la influencia de la carga vertical, se aproxima a un contacto con la roca.

ENCAMADO CLASE C

PLANTILLA FORMADA O CIMIENTO GRANULAR

PLANTILLA FORMADA- El tubo está asentado con el cuidado normal en un cimiento de suelo, al cual se le ha dado forma para acomodar la parte inferior del exterior del tubo con una aproximación razonable de cuando menos un 50 por ciento del diámetro exterior de un tubo circular, y 1/10 del exterior de la elevación del tubo para el tubo en arco, tubo elíptico y cajones. Para las instalaciones de zanja los lados y el área arriba del tubo se llenan con relleno ligeramente compactado a una profundidad mínima de 150 mm (6 pulgadas) arriba de la parte superior del tubo. Para las instalaciones de terraplén, el tubo no deberá de proyectarse más de 90 por ciento de la altura vertical del tubo arriba del encamado.

CIMIENTO GRANULAR- Se utiliza solo con los tubos circulares y el tubo está asentado en material granular compactado o relleno densamente compactado colocado en una zanja de fondo plano. El

material del encamado deberá contar con el espesor mínimo indicado y se deberá extender hacia arriba a los lados hasta una altura de cuando menos 1/6 del diámetro exterior. Para instalaciones de zanja el relleno lateral y el área arriba del tubo deberán estar llenos con relleno ligeramente compactado a una profundidad mínima de 150 mm (6 pulgadas)

ENCAMADO CLASE B

CIMIENTO GRANULAR CON FORMA O SIN FORMA

CON FORMA- Para una plantilla con forma con cimiento granular, el fondo de la excavación está formado para ajustarse a la superficie del tubo pero cuando al menos 50 mm (2 pulgadas) mayor que las dimensiones exteriores del tubo. El ancho deberá ser el suficiente para permitir 6/10 del diámetro exterior de un tubo circular, 7/10 de la distancia exterior de un tubo elíptico o en arco, y el ancho total del fondo de los cajones de concreto que serán asentadas en relleno granular fino colocado en la excavación con forma. El relleno densamente compactado se deberá colocar a los lados del tubo a una profundidad de cuando menos 300 mm (12 pulgadas) sobre la parte superior del tubo.

SIN FORMA-El cimiento granular sin forma se emplea únicamente con el tubo circular. El tubo se asienta sobre material granular compactado colocado en el fondo de zanja plano. El encamado granular tiene un espesor mínimo, d , tal como se enlista y se deberá extender cuando menos a medio camino hacia los lados. El restante del relleno lateral – con una profundidad mínima de 300 mm (12 pulgadas) sobre la parte superior del tubo – deberá estar rellenado con material densamente compactado.

ENCAMADO CLASE A

SOPORTE DE CONCRETO O ARCO DE CONCRETO

SOPORTE DE CONCRETO- Se utiliza únicamente con tubos circulares; el tubo se asienta sobre concreto reforzado o no reforzado

con un grosor, d, conforme se enlista, y que se extiende hacia arriba de los lados una altura equivalente a ¼ del diámetro exterior. El soporte deberá contar con una anchura mínima equivalente al diámetro exterior del tubo mas 200 mm (8 pulgadas) El relleno arriba del soporte está densamente compactado y se extiende 300 mm (12 pulgadas) sobre la parte superior del tubo. En la roca, especialmente donde es probable que existan excavaciones en el área cercana, el soporte de concreto se deberá acojinar del impacto de la excavación que pueda ser transmitido a través de la roca.

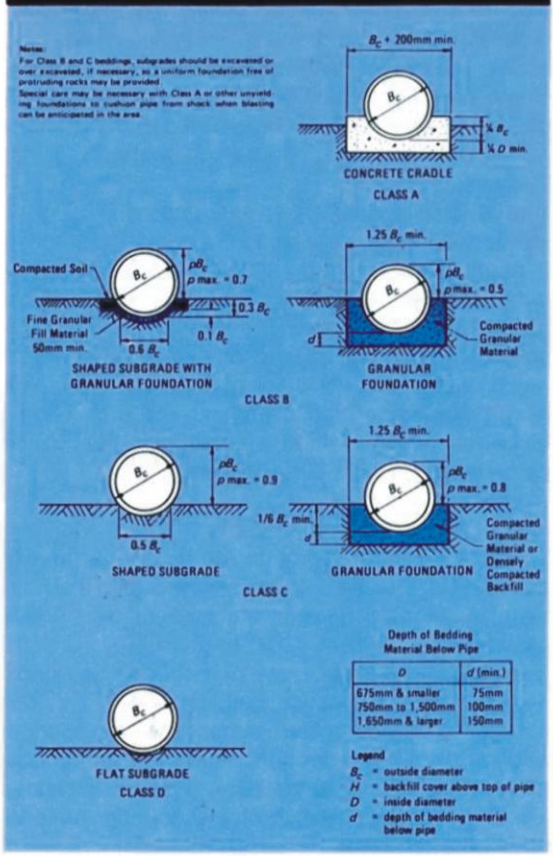
ARCO DE CONCRETO- Es una alternativa al soporte de concreto para instalaciones en zanja, el tubo de encuentra asentado sobre un material granular cuidadosamente compactado con el grosor mínimo indicado y que se extiende hacia arriba a la mitad de los lados del tubo. La mitad superior del tubo está cubierta con concreto reforzado o sin reforzar con un grosor mínimo sobre la parte superior del tubo de ¼ del diámetro interior del tubo. El arco deberá contar con un ancho de mínimo el diámetro del tubo más 200 mm (8 pulgadas)

ENCAMADO DE CAJON DE CONCRETO

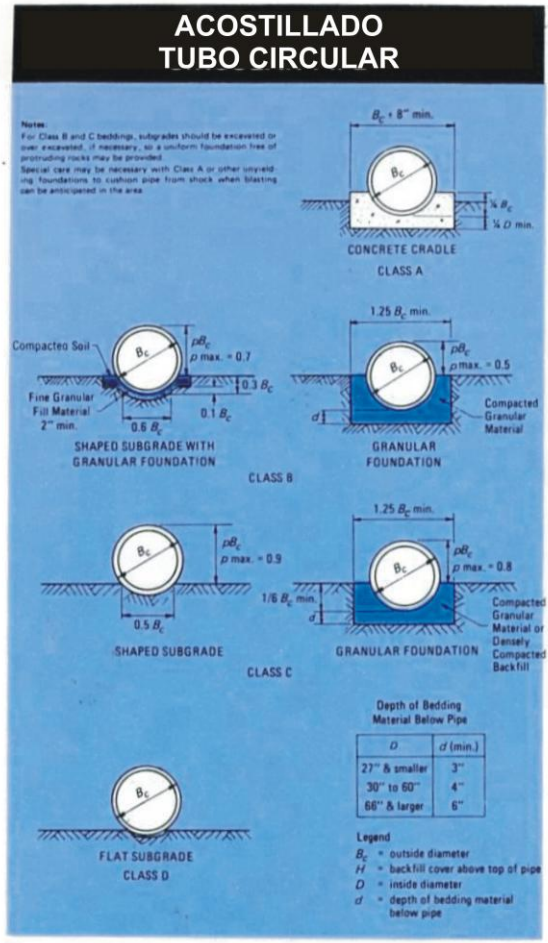
Las secciones cajón de concreto reforzado premezclado están diseñadas para condiciones de instalación más que para condiciones de prueba. Los diseños estándar se presentan en las normas de ASTM C 789M(C 789) y C 850M (C 850) Los detalles del encamado para las secciones en caja son conforme se ilustra.

Se deberá construir un encamado de una sección en caja premezclado con la finalidad de proporcionar un soporte uniforme a lo largo y ancho de cada sección. Esto se puede lograr colocando una capa de nivelación de un grosor mínimo de 50 mm (2 pulgadas) que consta de material granular fino nivelado conforme se requiera.

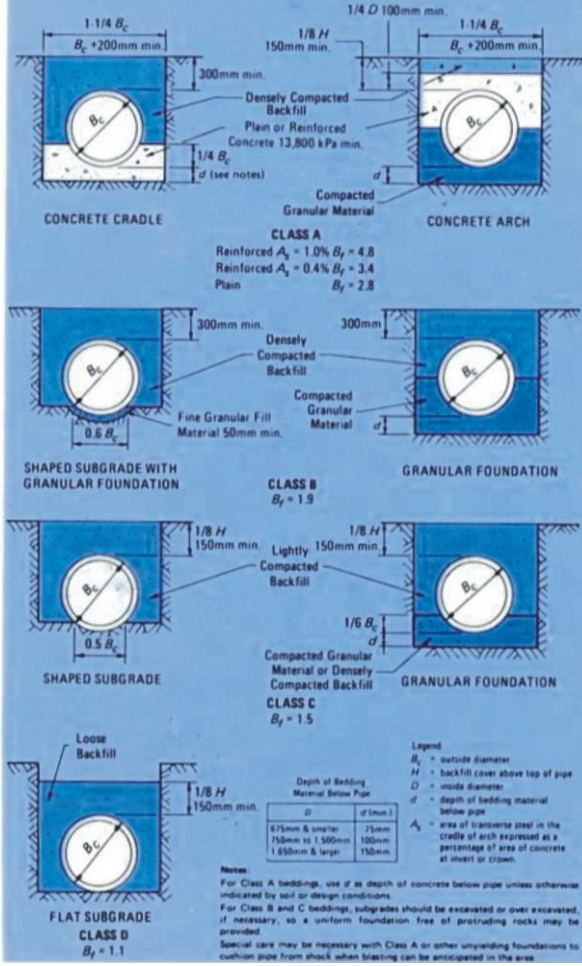
ACOSTILLADO
TUBO CIRCULAR



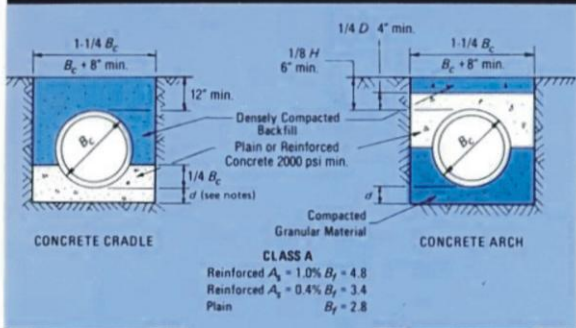
ACOSTILLADO
TUBO CIRCULAR



ENCAMADO EN ZANJA
TUBO CIRCULAR



ENCAMADO EN ZANJA
TUBO CIRCULAR

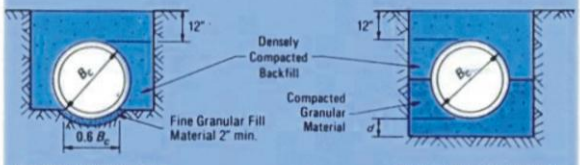


CONCRETE CRADLE

CONCRETE ARCH

CLASS A

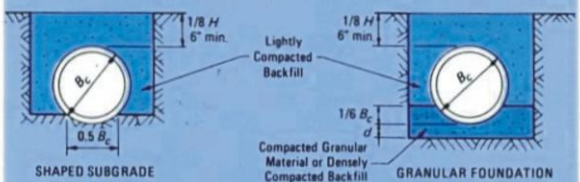
Reinforced A_s = 1.0% B_f = 4.8
Reinforced A_s = 0.4% B_f = 3.4
Plain B_f = 2.8



SHAPED SUBGRADE WITH GRANULAR FOUNDATION

CLASS B
B_f = 1.9

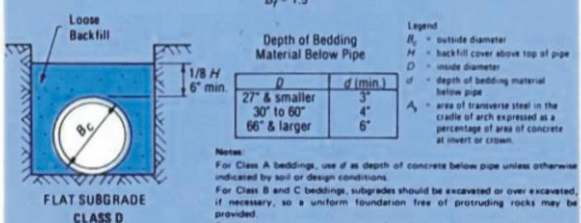
GRANULAR FOUNDATION



SHAPED SUBGRADE

GRANULAR FOUNDATION

CLASS C
B_f = 1.5



FLAT SUBGRADE

CLASS D
B_f = 1.1

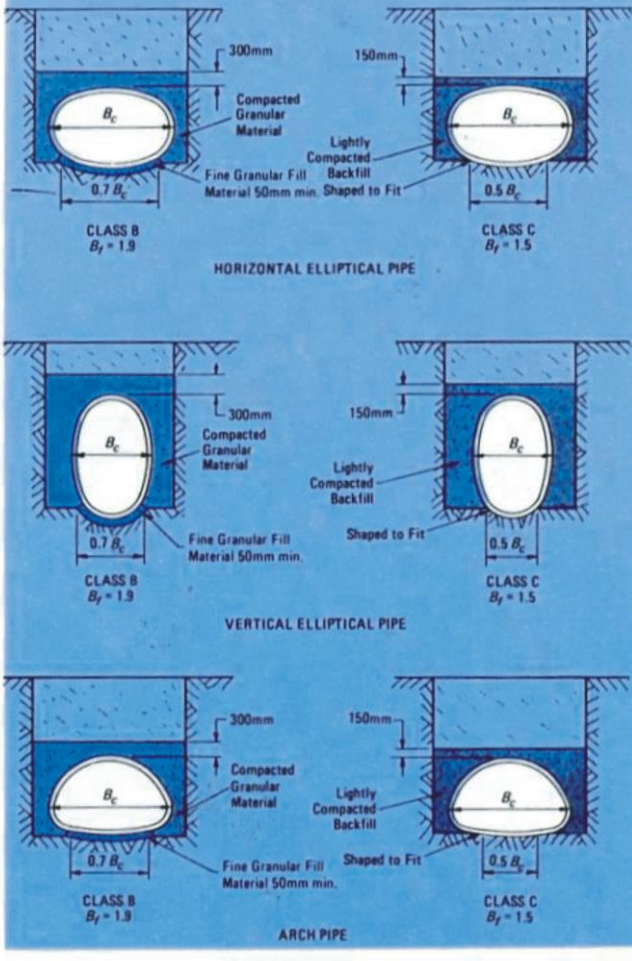
Depth of Bedding Material Below Pipe

D	d (min.)
27" & smaller	3"
30" to 60"	4"
66" & larger	6"

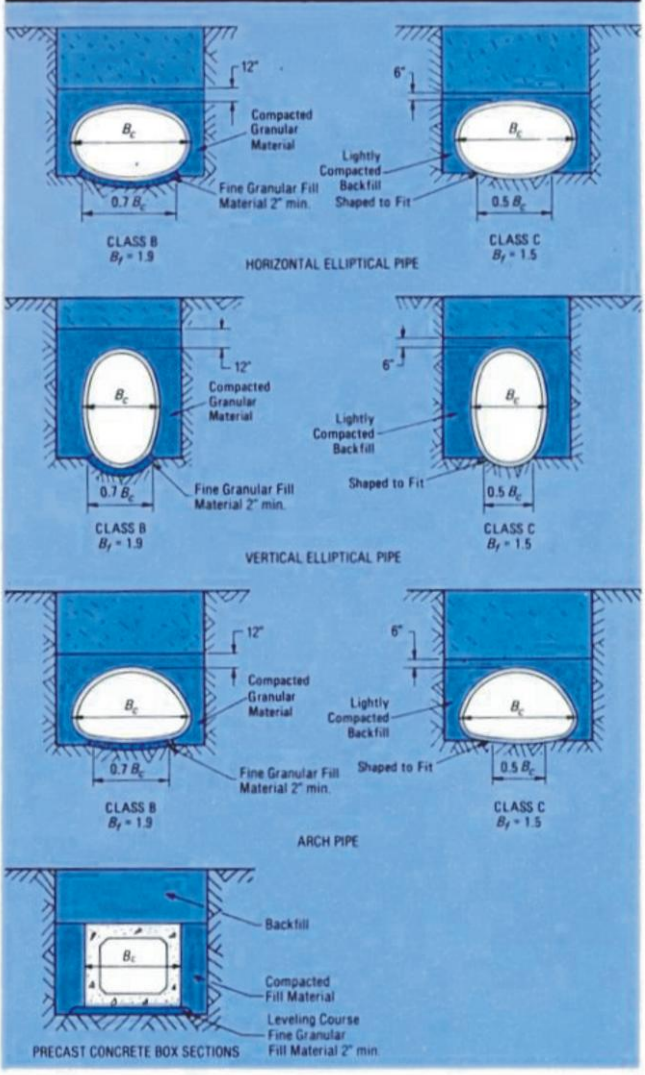
Legend
B_c = outside diameter
H = backfill cover above top of pipe
D = inside diameter
d = depth of bedding material below pipe
A_s = area of transverse steel in the cradle of arch expressed as a percentage of area of concrete at invert or crown.

Notes:
For Class A beddings, use d as depth of concrete below pipe unless otherwise indicated by soil or design conditions.
For Class B and C beddings, subgrades should be excavated or over excavated, if necessary, so a uniform foundation free of protruding rocks may be provided.
Special care may be necessary with Class A or other unyielding foundations to cushion pipe from shock when blasting can be anticipated in the area.

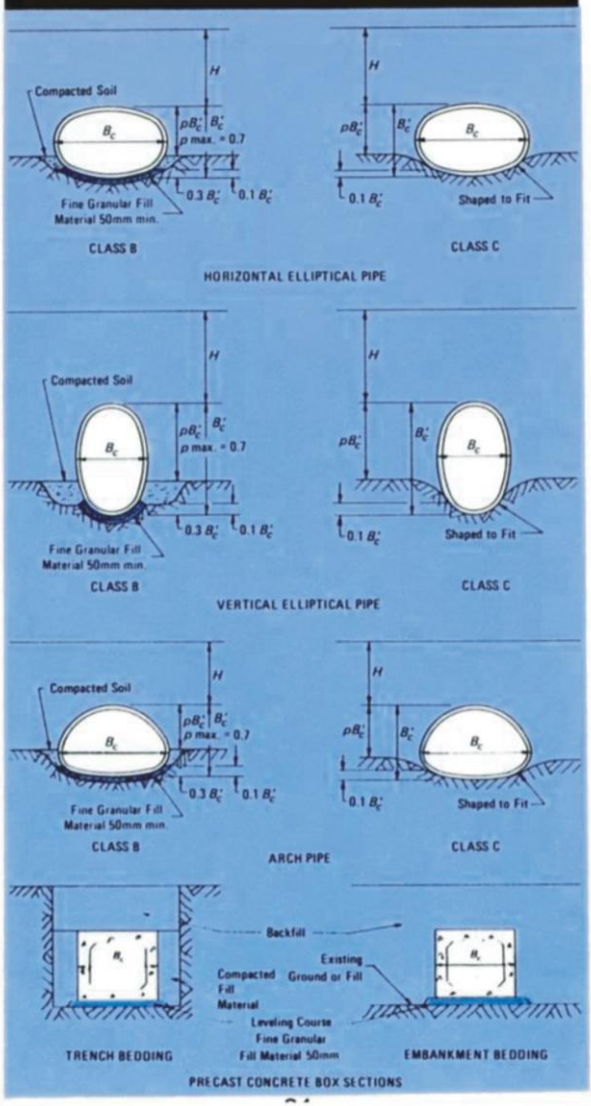
ENCAMADO EN ZANJA



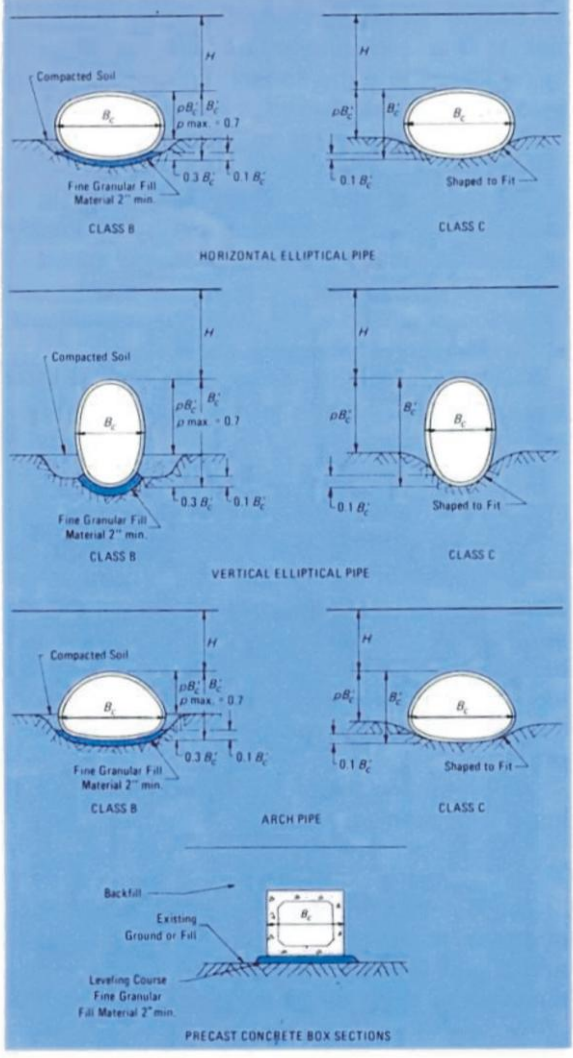
ENCAMADO EN ZANJA



RELLENO


Compacted Soil
H
B_c
$\rho B_c'$
B_c'
p max. = 0.7
0.3 B_c'
0.1 B_c'
Fine Granular Fill Material 50mm min.
CLASS B
CLASS C
Shaped to Fit
HORIZONTAL ELLIPTICAL PIPE
VERTICAL ELLIPTICAL PIPE
ARCH PIPE
Backfill
Existing Ground or Fill
Compacted Fill Material
Leveling Course Fine Granular Fill Material 50mm
TRENCH BEDDING
EMBANKMENT BEDDING
PRECAST CONCRETE BOX SECTIONS

RELLENO


H
Compacted Soil
B_c
$\rho B_c'$
B_c'
ρ max. = 0.7
0.3 B_c'
0.1 B_c'
Fine Granular Fill Material 2" min.
CLASS B
0.1 B_c'
Shaped to Fit
CLASS C
HORIZONTAL ELLIPTICAL PIPE
VERTICAL ELLIPTICAL PIPE
ARCH PIPE
Backfill
Existing Ground or Fill
Leveling Course Fine Granular Fill Material 2" min.
PRECAST CONCRETE BOX SECTIONS

UNIONES

Al tender el tubo, la práctica general es que el extremo de la campana del tubo dé hacia la dirección del tendido del tubo. Esto ayuda a prevenir que el material del encamado sea forzado dentro del enchufe al realizar la unión y permite un acoplado más sencillo de las secciones de tubo. Se utilizan varios tipos de selladores y de uniones para el tubo de concreto con la finalidad de cumplir con una amplia gama de requisitos de desempeño. Todas las uniones están diseñadas para una sencilla instalación y se deberán seguir de cerca las recomendaciones del fabricante respecto a los procedimientos de unión para asegurar la resistencia a la infiltración del agua del suelo y / o materiales de relleno y la exfiltración del drenaje o aguas pluviales.

Los selladores para unión de compresión más comunes y relleno de unión utilizados para el alcantarillado sanitario, el alcantarillado pluvial y los pasos de agua son:

- Hule (goma), incluido o separado
- Pasta (mastique), o mortero preformado
- Cintas externas, cemento u hule

Sin importar el tipo específico de selladores de unión que se utilice, cada unión deberá inspeccionarse para asegurar que todas las secciones del tubo estén en la posición inicial. Para las uniones selladas con empaques de hule, es importante seguir las recomendaciones de instalación del fabricante para asegurar que el empaque esté correctamente posicionado y bajo compresión.

El fabricante del tubo deberá recomendar una abertura máxima de unión.

HULE

Existen numerosos tipos de empaque de goma utilizados por los fabricantes de tubo. Es importante que el fabricante del empaque y / o del tubo recomiende los procedimientos a seguir para cada sección del tubo que está siendo instalado.

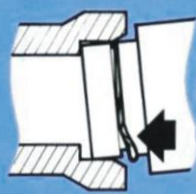
LIMPIAR CAMPANA

Carefully clean all dirt and foreign substances from the jointing surface of the bell or groove end of pipe.

Improperly prepared bell jointing surface may prevent homing of the pipe.

LIMPIAR ESPIGA

Carefully clean spigot or tongue end of pipe, including the gasket recess.



Improperly prepared spigot and gasket recess may prevent gasket from sealing correctly.

LUBRICAR CAMPANA

Lubricate bell jointing surface liberally. Use a brush, cloth, sponge or gloves to cover entire inside surface. Only approved lubricant should be used.

A bell not lubricated or improperly lubricated may cause gasket to roll and possibly damage the bell.

LUBRICAR ESPIGA

Lubricate the spigot or tongue end of pipe, especially the gasket recess.

Gasket may twist out of recess if lubricant in recess is lacking or insufficient.

LUBRICAR LA LIGA

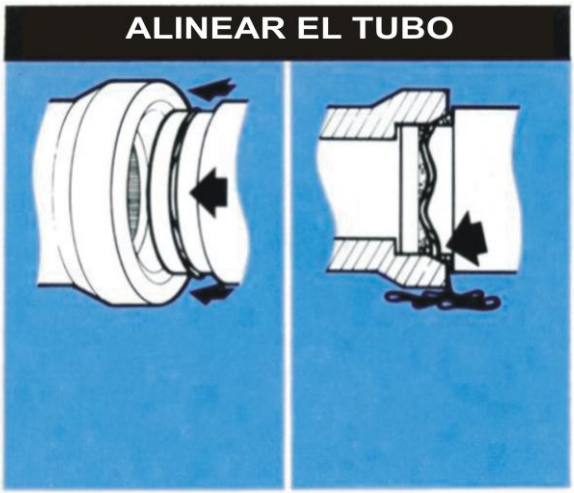
Lubricate the gasket thoroughly before it is placed on the spigot or tongue.

Excessive force will be required to push the pipe to the home position if gasket is not well lubricated.

INSTALAR LA LIGA

Fit the gasket carefully. Equalize the rubber gasket stretch by running a smooth, round object, inserted between gasket and spigot, around the entire circumference several times.

Unequal stretch could cause bunching of gasket and may cause leaks in the joint or crack the bell.



Mastique

Los selladores de mastique consisten de compuestos de hule o de betumen y de un relleno mineral inerte que normalmente se aplica en frío. Las superficies de la unión se limpian completamente, se secan y se preparan de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Se deberá emplear una cantidad suficiente de sellador para llenar el espacio anular de la unión. En clima frío, se puede trabajar mejor con el sellador de pasta si la superficie de unión y la pasta se calientan.

Mortero

Los selladores de cemento consisten de pasta de cemento o mortero Portland fabricado con una mezcla de cemento Portland, arena y agua. La superficie de unión se limpia por completo y se remoja con agua inmediatamente antes de hacer la unión. Se

aplica una capa de mezcla o de mortero en la parte inferior de la campana o el extremo de canal del tubo instalado y en la porción superior de o del extremo de espiga de la sección del tubo a instalar. La espiga se inserta después en la campana o la ranura del tubo instalado hasta que el sellador es expulsado. Cualquier espacio en la unión anular entre los extremos adyacentes del tubo se rellena con mortero y se limpia el exceso de mortero dentro de los tubos y se le da un acabado de superficie lisa.

Tela de Filtro Geotextil

Como una medida alterna, en donde el agua subterránea y la configuración de las uniones lo justifiquen, se puede enredar una tira de tela de filtro geotextil alrededor de la parte exterior de la unión del tubo y asegurar con cinta o cosido para prevenir que se infiltre tierra en las uniones del tubo pluvial y pasos de agua.

Cintas Externas

Algunas veces en las especificaciones se requiere la colocación de cintas de mortero cemento Portland alrededor del exterior de la unión del tubo. Se excava una pequeña depresión en el material del encamado para permitir que el mortero se coloque bajo el tubo. Después se limpia y se empapa con agua toda la superficie exterior de la unión. Se pueden utilizar unos trapos o tela especial para detener el mortero conforme se vaya aplicando. El material de relleno se debe aplicar inmediatamente alrededor del tubo.

También se pueden emplear cintas de hule-pasta alrededor de la parte externa de la unión del tubo. Las cintas se estiran muy bien alrededor del cuerpo del tubo y se mantienen firmemente en su posición por el peso del material de relleno.

PROCEDIMIENTOS DE UNION

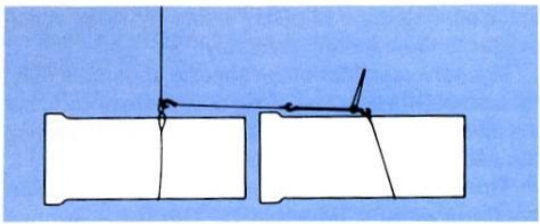
Las uniones para los tubos con tamaños de hasta 600 mm (24 pulgadas) de diámetro se pueden generalmente ensamblar utilizando una barra y un

bloque de madera. El eje de la sección del tubo a instalar

se deberá nivelar tanto como sea posible con el eje de la última sección de tubo instalada, y el extremo de la espiga se deberá insertar ligeramente en el canal o la campana. Después se clava una barra en el encamado y se coloca como una cuña contra la parte inferior de la campana o extremo del canal de la sección de tubo que se instala. Se pone un bloque de madera horizontalmente a lo largo de los extremos del tubo para que sirva de punto de apoyo y de protección del extremo de la unión durante el ensamble. Al empujar la parte superior de la barra vertical hacia enfrente, la acción de palanca empuja el tubo a posición inicial.

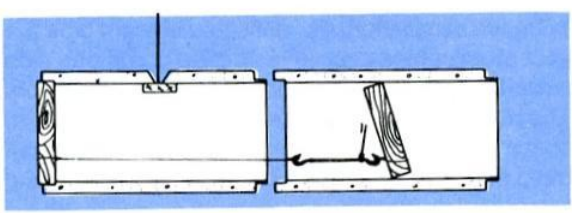
Cuando se une un tubo de un diámetro mayor, y cuando se emplea un encamado granular se requerirá de extractores de tubo mecánicos. Se han fabricado diversos tipos de extractores de tubo o

dispositivos de agarre pero los principios básicos siguen siendo los mismos.



Cuando se une un tubo de un diámetro pequeño, se enreda una cadena o un cable alrededor del cuerpo del tubo algunos pies antes de la espiga y se asegura con una garrucha o algún otro mecanismo de conexión. Un ensamble nivelador se sujeta al tubo instalado, varias secciones antes de la última sección instalada, y se conecta con una cadena o un cable a la garrucha del tubo que se va a instalar. Al jalar la palanca, la espiga del tubo que se va a unir se jala hacia la campana de la última sección de tubo instalada. Para mantener un mejor control de la alineación del tubo, se puede emplear una eslinga para elevar la sección del tubo un poco del encamado.

Los tubos de un diámetro mayor se pueden unir colocando un polín dentro del tubo instalado, varias secciones antes de la última sección instalada, y se conecta con una cadena o un cable a un larguero colocado en el extremo de la sección de tubo que se está instalando.



El tubo se jala a la posición inicial por la acción de palanca similar al ensamble externo. Los detalles mecánicos del aparato específico empleado para los extractores del tubo o los mecanismos de agarre podrán variar, pero el principio básico de acción de palanca se usa para desarrollar la fuerza necesaria de tracción (pulling)

Se debe evitar el uso de equipos de excavación para empujar las secciones de tubo. La fuerza aplicada por tal equipo puede dañar al tubo.

CONEXIONES DE SERVICIO

Cuando un tubo se conecta a una estructura rígida tal como un edificio, a un pozo de visita o cámara de unión, el encamado y los cimientos de la sección de tubo a conectar deberán ser muy bien compactados con el objetivo de minimizar el hundimiento diferencial. Este hundimiento diferencial puede resultar en que el tubo se quiebre o se agriete en la conexión. Existen conectores especiales que proporcionan una flexibilidad entre el tubo a conectar y la estructura.

ALINEACIÓN CURVA

Los cambios en la dirección de las líneas de alcantarillado generalmente se hacen en las estructuras de los pozos de visita, mientras que los cambios en pendiente y alineación en las alcantarillas de tubo de concreto se pueden incorporar en la línea mediante el uso de tubo recto desviado, tubo radial o especial. Ya que la factibilidad de fabricación e instalación dependen del método particular utilizado para tomar una curva, es importante establecer el método antes de excavar la zanja. Para el tubo recto desviado, la unión de cada sección de tubo se abre en un lado mientras que el otro lado permanece en la posición inicial. La diferencia entre la posición inicial y el espacio de la unión abierta se designa generalmente

como el arrastre. El arrastre máximo permisible deberá estar limitado a esa abertura que ofrecerá un desempeño satisfactorio en la unión. Esto varia para diferentes configuraciones y se obtiene mejor del fabricante del tubo.

El tubo radial, también denominado tubo escuadrado, incorpora el ángulo de desviación en la unión del tubo. El tubo se fabrica acortando un lado del tubo y la cantidad de disminución para un tubo determinado depende de la factibilidad de su fabricación. Debido a la posibilidad de mayores ángulos de desviación por unión, se puede obtener una curvatura más pronunciada con un menor radio correspondiente con un tubo radial que con un tubo recto desviado.

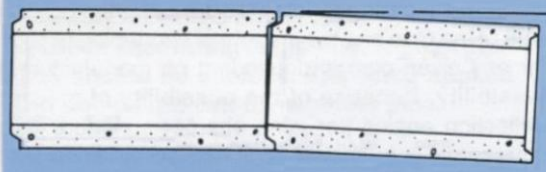
Al establecer la alineación para el tubo radial, la primera sección del tubo radial deberá comenzar con ½ de la longitud del tubo radial del punto de curvatura, y la última sección del tubo radial se deberá extender ½ de la longitud del radial pipe más allá del punto de la tangente.

Se pueden usar secciones especiales precoladas en curvas con radio extremadamente reducido que no puedan ser tomadas ni con el tubo recto desviado ni con el tubo radial convencional. Para las curvas más pronunciadas se pueden usar tubos radiales de longitudes cortas especiales en vez de las medidas normales.

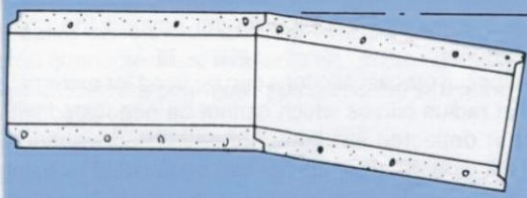
Se pueden utilizar uno o varios de estos métodos para cumplir con los más rigurosos requisitos de alineación. Ya que los procesos de fabricación y las normas locales varían, se deberá consultar con los fabricantes locales de tubos de concreto para determinar la disponibilidad y la configuración geométrica de las secciones de tubo a instalar en la alineación curveada. Además, muchos fabricantes cuentan con configuraciones de unión y desviaciones estandarizadas para radios específicos y se puede economizar utilizando estos tipos de tubo.

ALINEAMIENTO CURVO

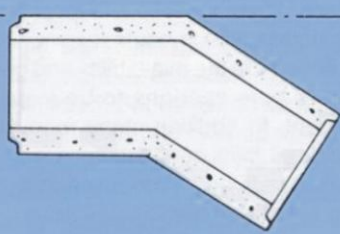
DEFLECTED STRAIGHT PIPE

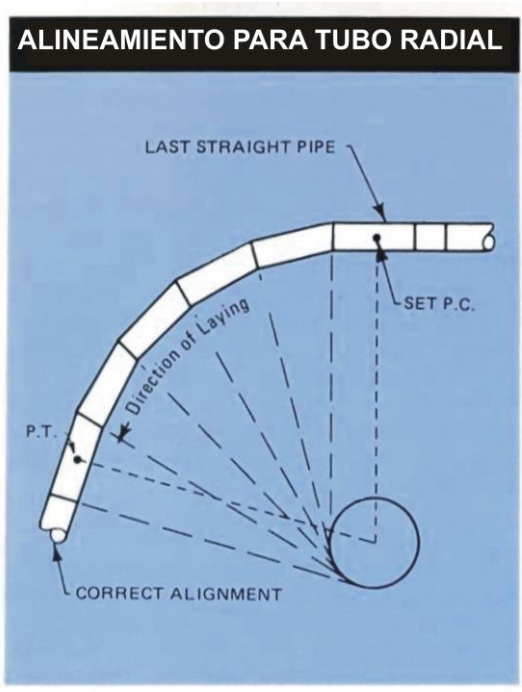


RADIUS PIPE



BENDS





Cuando se usa un tubo radial para una curva, el punto de curva (P.C.) se debe establecer a la mitad del último tubo recto y el punto de tangente (P.T.) ...cae a ½ del largo estándar del tubo desde el extremo recto del último tubo radial. Se tendrá una alineación incorrecta cuando el punto de curva se fije al extremo de la última sección del tubo recto. Para asegurar que el punto de curva está en la estación correcta puede ser necesario que un tubo de longitud especial se instale en la línea adelante del punto de curva.

RELLENO FINAL

Una vez que el material de relleno se coloca y se compacta adecuadamente, el resto del relleno se debe colocar y compactar para prevenir que se asiente sobre la superficie. Existen varios tipos de equipo de compactación y algunos tipos son mejores para ciertos tipos de suelo. La aplanadora es la mejor opción para compactar el agregado rugoso como la escoria, la grava gruesa los agregados de piedra desnivelada. Las apisonadoras son los mejores para arcillas cohesivas o lodos, pero no indicadas para su uso en suelos granulares. Los rodillos con llantas de hule, que proporcionan tanto peso estático como acción moldeadora, aplican a muchos suelos desde arcilla hasta arena.

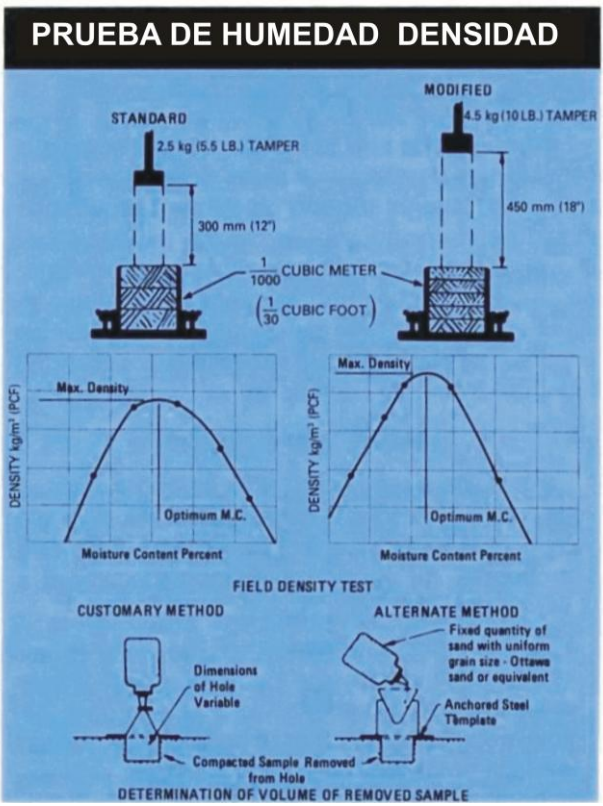
Sin importar el tipo de equipo de compactación utilizado, el material de relleno deberá ser consistente con los requisitos de densidad del tipo de encamado especificado.

PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Las pruebas físicas incluidas en las especificaciones de material, bajo las que se adquiere el tubo, aseguran que el tubo que se entrega en el sitio de trabajo cumpla o exceda con los requisitos establecidos para un proyecto específico. Las especificaciones del proyecto normalmente incluyen ciertos requisitos de pruebas de aceptación para asegurar que se ha alcanzado un razonable control de calidad de fabricación y materiales durante la fase de construcción del proyecto. La densidad del suelo, la alineación y el pendiente, y la inspección visual son pruebas aplicables al alcantarillado pluvial, al alcantarillado sanitario y a los proyectos de pasos de agua. Para el alcantarillado sanitario, generalmente se establecen ciertos límites de infiltración y de exfiltración.

DENSIDAD DEL SUELO

Se han desarrollado varios procedimientos de prueba para medir las densidades del suelo en el sitio y para los suelos cohesivos la mayoría de los métodos se basan en la medición volumétrica. Para correlacionarlas densidades del suelo en sitio con la densidad máxima de un tipo de suelo en particular, primero es necesario determinar el contenido de humedad óptimo para obtener una máxima compactación y después utilizar esto como guía



para determinar la compactación real del relleno. Los métodos más comunes para determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima son las pruebas estándares de relación humedad-densidad, frecuentemente llamadas la prueba Proctor Estándar y la Prueba Proctor Modificada. Las especificaciones ASTM y AASHTO relacionadas con la densidad del suelo y el contenido de humedad son:

ASTM D698	AASHTO T99
ASTM D1557	AASHTO T180
ASTM D2922	AASHTO T238

ALINEACIÓN Y PENDIENTE

La alineación y la pendiente se deberán verificar conforme se instala el tubo, y cualquier discrepancia entre el diseño y la alineación real y las elevaciones del inverso del tubo deberán corregirse antes de colocar el relleno sobre el tubo. Se puede adicionalmente verificar que no ha ocurrido un asentamiento durante la operación de relleno, sacando los niveles del inverso de los pozos de inspección en la preparación de los dibujos de la construcción junto con una inspección visual de la alcantarilla o el paso de agua.

INSPECCION VISUAL

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

- Escombros y obstrucciones.
- Grietas excesivas
- Uniones debidamente selladas
- El inverso liso y libre de depresiones y elevaciones
- Los topes debidamente lechados y conectados
- Los acoples, las desviaciones y conexiones debidamente realizadas

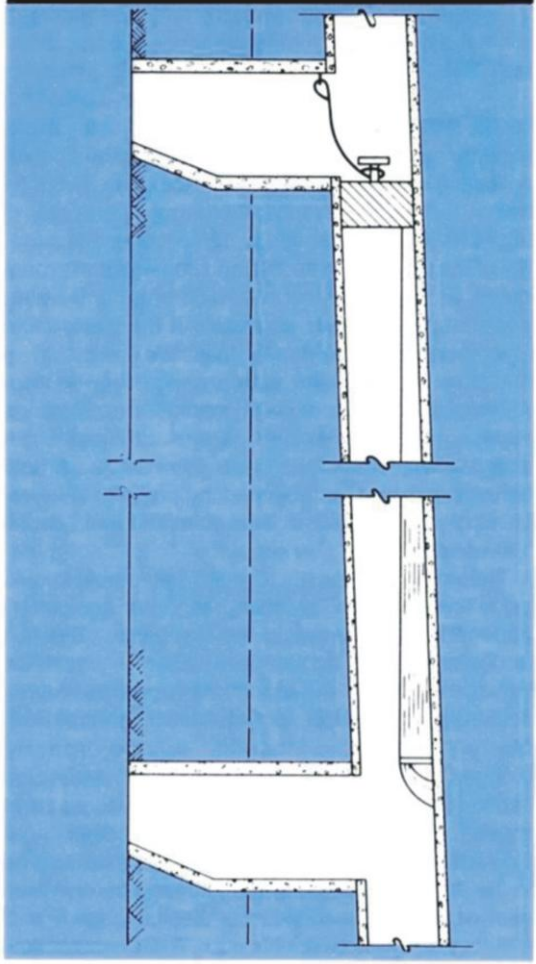
- Entradas y sumideros debidamente conectadas
- Las estructuras y cubiertas de los pozos de inspección debidamente instaladas
- Restauración de superficie y otros elementos relativos a la construcción debidamente terminados

INFILTRACION

La infiltración de agua subterránea excesiva en un alcantarillado sanitario puede sobrecargar la capacidad del sistema de colector e instalaciones de tratamiento. La prueba de infiltración, llevada a cabo conforma a ASTM C 969 (C969), tiene el objetivo de demostrar la integridad de los materiales instalados y de los procedimientos de construcción, y la manera en que estos se relacionan con la infiltración del agua subterránea, y por consiguiente, solo es aplicable si el pendiente hidrostático está a cuando menos de 600 mm (2 pies) arriba de la corona del tubo en la longitud total de la sección de prueba. Aunque la prueba es un método realista para determinar la hermeticidad, existen dificultades inherentes al aplicar los criterios de la prueba debido a las fluctuaciones de temporada en los niveles del agua y el problema de correlacionar las condiciones de altos niveles de agua subterránea con las condiciones reales de la prueba.

Antes de llevar a cabo la prueba, se deberá dejar que el nivel hidrostático se estabilice para que el agua completamente rodee el tubo durante el periodo de pruebas. Normalmente la prueba se conduce entre pozos de visita adyacentes con el extremo de aguas arriba de la alcantarilla asegurada adecuadamente para aislar la sección de pruebas. Todas las líneas laterales, topes y accesorios deberán ser conectadas y taponeadas apropiadamente en la conexión con la sección del tubo de prueba para prevenir la entrada de agua subterránea en esa ubicación. Se deberá instalar un Vertedero de apoyo en V o algún otro aparato de medición adecuado en el tubo de entrada al pozo de inspección aguas abajo. Se permite que el agua que se infiltra se acumule y se nivele detrás del vertedero hasta obtener un flujo uniforme y constante. Cuando se presente un flujo uniforme en el vertedero,

PRUEBA DE INFILTRACION



la filtración se determina por lectura directa de la graduación en el vertedero o convirtiendo la cantidad del flujo en galones por unidad de longitud del tubo o por unidad de tiempo.

Un factor importante al aplicar los criterios de la prueba es correctamente dar cuenta de la columna de agua variable sobre la longitud de la alcantarilla que se está probando. El extremo aguas abajo de la sección de pruebas siempre estará sujeta a una mayor presión del agua externa que el extremo aguas arriba. Para compensar esta presión externa variable, la presión para la prueba deberá ser la presión correspondiente al promedio de columna de agua sobre la sección de prueba. Ciertas secciones de prueba podrán exceder los límites de filtración permitidos, pero la filtración promedio para la totalidad del proyecto deberá estar entre los límites de filtración establecidos para tal proyecto. Se debe considerar el efecto de una mayor profundidad del agua subterránea sobre las tolerancias de filtración. Se establece como la columna base un promedio de 1.8 m (6 pies) de columna de agua subterránea sobre el tubo. Con columnas mayores a 1.8 m (6 pies), el límite de filtración se incrementa por el radio de la raíz cuadrada del promedio de la columna real a la raíz cuadrada de la columna base. Por ejemplo, con una columna promedio de agua subterránea de 3.7 m (12 pies), los 18.5 litros por mm (200 galones por pulgada) de diámetro por 1.67 Km (milla) de tubo por infiltración diaria límite se deberá incrementar por el radio de la raíz cuadrada del promedio real de columna, 1.8 m (12 pies), a la raíz cuadrada de la columna base 1.8 m (6 pies) , lo que resulta en un límite de infiltración permitida de 26.2 litros por mm (282 galones por pulgada) de diámetro por Km (milla) de tubo al día.

EXFILTRACION

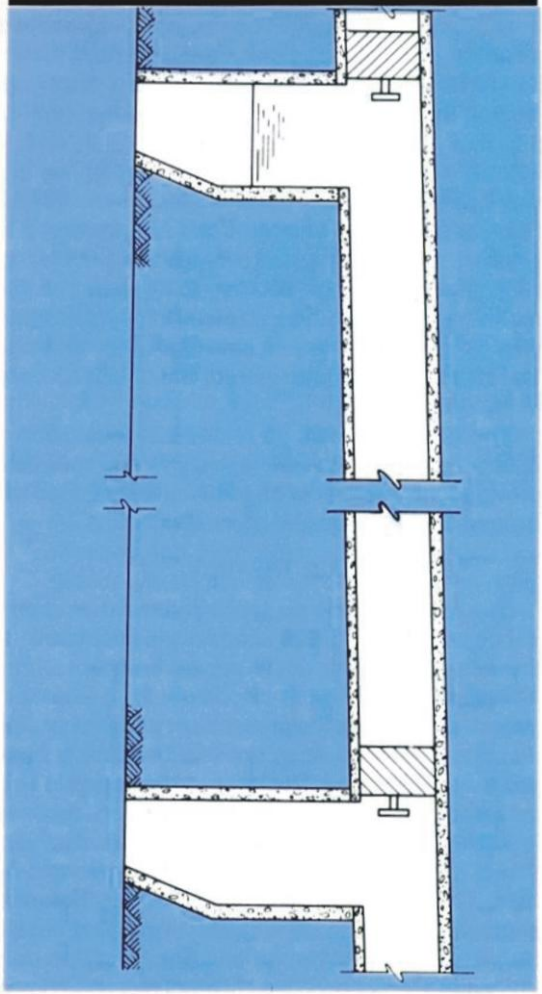
La prueba de exfiltración se utiliza en vez de la prueba de filtración para alcantarillas de diámetro pequeño en donde las uniones individuales no se

pueden probar. Aunque la infiltración real normalmente sería menor que la indicada por la prueba de exfiltración de agua, la prueba si proporciona un método positivo de someter el sistema terminado de alcantarilla a una prueba real de presión. Ya que la alcantarilla sanitaria no está diseñada o se espera que funcione como un sistema de presión, se deberá tener cuidado al conducir la prueba y correlacionar los resultados con los límites permitidos de exfiltración.

La prueba normalmente se lleva a cabo entre pozos de visita contiguos conforme a ASTM C 969M (C969) Antes de la prueba, todos las líneas laterales, topes y accesorios dentro de la sección de prueba se deberán conectar o taponear o bloquearos adecuadamente para resistir la presión de agua que resulte de la prueba. Si se van a incluir pozos de visita en la prueba, el tubo de entrada de cada pozo de inspección debe ser tapado y la sección de pruebas llenarse con agua a través de los pozos de inspección aguas arriba. Para permitir que el aire escape de la alcantarilla, el flujo deberá ser constante hasta que el pendiente de agua en los pozos de inspección esté al nivel especificado arriba de la corona del tubo. Si es necesario, se deberán tomar las medidas para purgar el aire atrapado durante el llenado de la sección de prueba. Una vez que la sección de prueba este llena, se debe dejar que el agua repose un periodo de tiempo adecuado para permitir que el agua sea absorbida por el tubo y por el pozo de visita. Después de que la absorción del agua se ha estabilizado, el nivel de agua en el pozo de inspección aguas arriba se sube al nivel apropiado de prueba. Este nivel se determina midiendo hacia abajo desde la cubierta del pozo de inspección o algún otro punto conveniente de dato.

Después de un periodo fijado de tiempo, se debe medir la elevación del agua desde el mismo punto de referencia y calcularse la pérdida de agua durante el periodo de la prueba, o el agua se puede restituir a su pendiente existente al inicio de la prueba, y la cantidad añadida se utiliza para determinar la filtración.

PRUEBA DE EXFILTRACION



Para excluir ambos pozos de inspección de la prueba, es necesario taponear el tubo de salida del pozo de inspección aguas arriba. Se deberán tomar medidas en el tapón al llenar el tubo y expeler el aire atrapado.

El ASTM C969M (C969) recomienda que el nivel de agua en el pozo de visita aguas arriba esté a un mínimo de 600 mm (2 pies) arriba del agua subterránea existente, o a 600 mm arriba de la corona del tubo aguas arriba, la que sea mayor. Ya que la alcantarilla se instala con pendiente, la sección de pruebas aguas abajo estará sujeta a una mayor presión. Cuando la columna promedio de la sección de pruebas es mayor a 900 mm (3 pies), el límite permitido de exfiltración se deberá ajustar en relación directa al radio de la raíz cuadrada de la columna de agua de prueba promedio a la raíz cuadrada de la columna base especificada, 900 mm (3 pies)

La filtración medida de cualquier sección individual probada podrá exceder la filtración permitida especificada, con tal que el promedio de todas las secciones probadas no exceda la filtración permitida especificada.

PRUEBA DE AIRE

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

uno de los tapones deberá contar con una tapa de entrada, o algún otro elemento para conectar una manguera a una fuente portátil de control de aire. El equipo de aire deberá de consistir de las válvulas e indicadores de presión para controlar la velocidad a la cual el aire fluye a la sección de prueba y debe de permitir el monitoreo de la presión de aire dentro de la sección de prueba.

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

- La prueba de aire tiene el propósito de detectar los defectos en la construcción del tubo daños en las uniones y no tiene el objetivo de medir la infiltración o exfiltración bajo condiciones severas ya que no se ha encontrado correlación entre la pérdida de aire y las fugas de agua.
- Los criterios de la prueba de aire están actualmente limitados a tubos de concreto con un diámetro de 600 mm (24 pulgadas) y menores por la ASTM C924M (C 924)
- Las conexiones se deberán reforzar firmemente para prevenir la liberación accidental de un tapón que podría convertirse en un proyectil de alta velocidad. Los tapones no se deberán de remover hasta que toda la presión del aire se haya sido descargada en la sección de prueba.
- Por razones de seguridad, no se deberá permitir el paso de ninguna persona en la zanja o al pozo de visita mientras la prueba se lleva a cabo.

PRUEBA DE AIRE

- El aparato de pruebas deberá estar equipado con un dispositivo de válvula de seguridad (escape de presión) para prevenir la posibilidad de que cargar la sección de prueba con la totalidad de la capacidad del compresor.

PRUEBA AL VACIO

La prueba al vacío (presión negativa de aire) está regida por ASTM C1214. Esta prueba consiste en remover el aire del tubo a una presión específica menor que la atmosférica. La habilidad para aceptar el vacío o una caída lenta indica un tubo aceptable. Esta prueba no es cuantitativa pero ofrece una forma de llevar a cabo una prueba económica de muestras grandes. Otros beneficios incluyen la seguridad y economía inherente de los sistemas al vacío sobre los sistemas presurizados.

Este método de pruebas cubre líneas de alcantarillado con tubo de concreto circular de un diámetro de 100 a 900 mm (4 a 36 pulgadas) utilizando uniones con empaques y puede realizarse en el campo o en la planta como una prueba preliminar. Los extremos de todas las líneas laterales, topes y accesorios se deberán tapar para prevenir la fuga de aire. El aire se extrae del tubo hasta alcanzar una presión negativa específica. Se registra la caída del vacío durante la prueba. Se calcula la pérdida del vacío en metros cúbicos por segundo (pies cúbicos por segundo) y se compara con los valores permitidos.

PRUEBA DE LAS UNIONES

AIRE

La prueba de las uniones de acuerdo con ASTM C 1103 puede realizarse en líneas de alcantarillado de tubo de concreto premezclado instalado, utilizando ya sea aire o agua a baja presión para demostrara la integridad de la unión y los procedimientos de construcción.

Cuando se usa aire o agua, se cubre por dentro la unión a probar con un anillo con dos

tubos selladores con dos puntas. Antes de esto, la superficie interior de unión del tubo deberá limpiarse y humedecerse. El aparato de pruebas de unión se coloca adentro del tubo con los tubos selladores con dos puntas hacia ambos lados de la unión. Se inflan los tubos selladores con dos puntas con aire conforme a las recomendaciones del equipo y del fabricante.

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

Cuando se lleva a cabo la prueba de uniones con agua, la llave de purga deberá estar ubicada justo en la parte superior central del tubo. El agua se deberá introducir en el volumen vacío hasta que el agua fluya continuamente de la llave de purga abierta. Cierre la llave de purga y presurice el vacío a una presión específica mayor que la presión del agua subterránea. Corte el suministro de agua. La presión debe de caer menos que la caída de presión permitida especificada. Si la unión falla, esta puede ser reparada y sometida de nuevo a la prueba.

AGUA

No es normalmente muy práctico el realizar pruebas de exfiltración sobre tubos grandes debido a la cantidad considerable de agua requerida. Si el tubo es lo suficientemente grande como para ser accesado, se puede inspeccionar visualmente cada unión individual, y si es necesario, se puede realizar una prueba de exfiltración de agua por medio de un aparato de pruebas especialmente diseñado para este propósito. En este procedimiento, la unión se aísla con un escudo expansivo equipado con juntas que se adhieren con fuerza a las paredes del tubo a cada lado de la unión que se prueba.

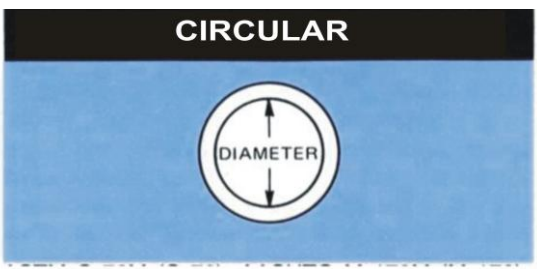
con los tubos adecuados, se introduce agua en el espacio anular aislado por el escudo y se mide la filtración. La filtración permitida para las uniones individuales es la que se presentaría en base a la filtración permitida de agua para una sección del tubo.

ESPECIFICACIONES

El tubo de concreto se fabrica de acuerdo a normas nacionalmente aceptadas publicadas por la Asociación Americana de Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en Inglés), La Asociación Americana de Oficiales de Transporte y caminos Estatales (AASHTO), agencias federales y otras. Las especificaciones son para la fabricación y la compra, e incluyen los materiales, el diseño, las pruebas, las tolerancias, los criterios de inspección y de aceptación.

Las especificaciones para los tubos de concreto han sido desarrolladas por ASTM, lo que permite su uso en una amplia gama de aplicaciones. Estas designaciones de especificaciones ASTM, y las AASHO y la contraparte Canadiense son:

ASTM C 14M (C14), AASHTO M 86, CSA A 257.1 Alcantarilla de concreto, drenaje pluvial y paso de agua: Cubre al tubo de concreto no reforzado de un diámetro de 100 mm a 900 mm (de 4 a 36 pulgadas) en tres Clases de resistencia.



ASTM C 76M (C76), AASHTO M 170M (M 170), CSA A 257.2 Paso de agua de concreto reforzado, drenaje pluvial y tubo de alcantarilla: cubre al

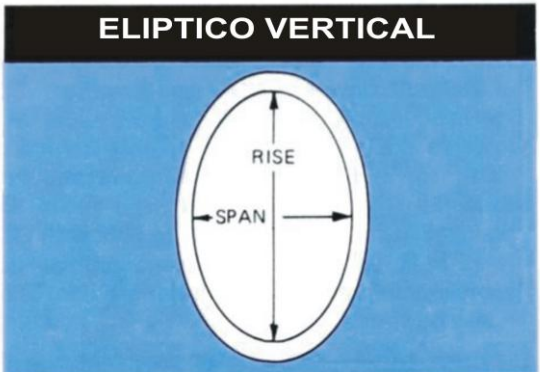
tubo de concreto reforzado en 5 Clases de resistencia. Clase I-1500 mm a 3600 mm (60 a 144 pulgadas), Clases II, III, IV, V son para desde 300 mm a 3600 mm (12 a 144 pulgadas) Están disponibles como diseños especiales tamaños y clases mayores.

ASTM C 1186M (C118) Tubo de concreto para irrigación o drenaje: abarca a los tubos de concreto de tamaño de 150 mm a 600 mm (6 a 24 pulgadas) de diámetro para ser usado para el transporte de agua de irrigación en bajas columnas hidrostáticas, generalmente que no exceden 75 kilo pascales (25 pies), y para el drenaje en tamaños de 100 mm a 600 mm (4 a 25 pulgadas) de diámetro. Existen dos clases de resistencia para las aplicaciones de drenaje; estándar y trabajo pesado.

ASTM C 361M (C361) Tubo de concreto reforzado de baja presión de columna: comprende el tubo de concreto reforzado para ser utilizado en la construcción de conductos de presión con bajas columnas hidrostáticas que generalmente no sobrepasan los 375 kilo pascales (125 pies) con tamaños de 300 mm a 2700 mm (12 a 108 pulgadas) de diámetro.

ASTM C 412M (C412), AASHTO M 178M (M178), Tubo de desagüe de concreto: comprende tubo de desagüe de concreto no reforzado con diámetros

internos desde 100mm a 900mm (de 4 a 36 pulgadas) Se incluyen cuatro clases de resistencia, calidad estándar, calidad extra, calidad especial, y calidad extra trabajo pesado.



ASTM C 443M (C443), AASHTO M 198M (M198), CSA A 257.3 uniones para alcantarilla de concreto circular y tubo de paso de agua, con empaques de hule: comprende las uniones donde la exfiltración y la infiltración son un factor en el diseño, incluyendo el diseño de las uniones y los requisitos de los empaques de hule a utilizar con los tubos que se encuentran conforme a la norma ASTM C14M (C14) o ASTM C76M (C76)

ASTM C444 (C444), AASHTO M175M (M175) Tubo de concreto perforado: comprende los tubos de concreto perforado a utilizar para el dren con dimensiones desde 100 mm a 675 mm (4 a 27 pulgadas) de diámetro y mayor.

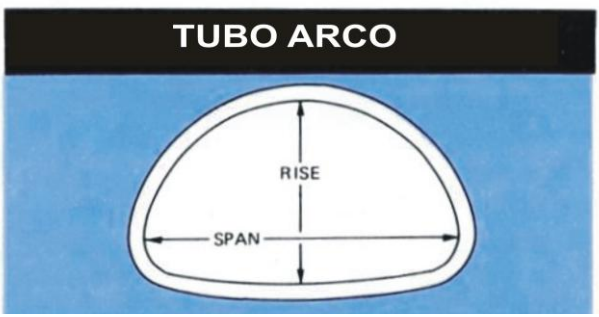
ASTM C478M (C478), AASHTO M 199M (M199) Secciones de pozo de visita de concreto reforzado prefabricado: comprende las secciones de incrementos de pozos de visita de concreto reforzado prefabricado y accesorios tales como anillos, brocales y

secciones especiales para usarse en la alcantarilla y el sistema de abastecimiento de agua.

ASTM C 497M (C497), AASHTO T33, CSA A 257.0 Pruebas del tubo de concreto o tubos de desagüe: cubre los procedimientos para realizar las pruebas del tubo de concreto o tubos de desagüe.

ASTM C505M (C505) Tubo de irrigación de concreto no reforzado con uniones de empaque de hule: cubre los tubos con dimensiones de 150 mm a 600 mm (6 a 24 pulgadas) de diámetro para ser utilizados para la transportación del agua de irrigación a presión, incluyendo los osciladores momentáneos hidráulicos, de hasta 9 m (30 pies) de columna. Se pueden emplear presiones mayores hasta un máximo de 15m por 150mm a 300mm (50 pies para 6 a 12 pulgadas) de diámetro, y 12m para 375mm a 450 mm (40 pies para 15 a 18 pulgadas) de diámetro incrementando la resistencia del tubo.

ASTM C 506M (C506), AASHTO M206M (M206), Paso de agua en arco de concreto reforzado, drenaje pluvial y tubo de alcantarilla: comprende el tubo en arco de tres tipos de resistencia con dimensiones desde 375mm a 3300mm (de 15 a 132 pulgadas) en diámetro circular equivalente basado en la periferia. Están disponibles dimensiones mayores bajo diseño especial.

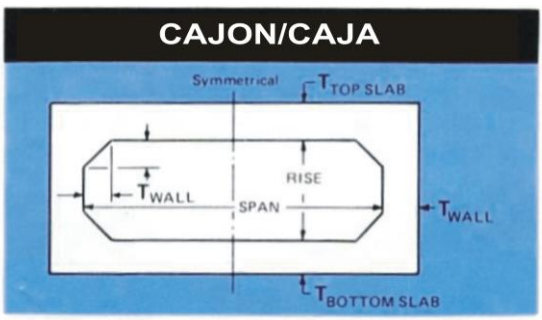


ASTM C 507M (C507), AASHTO M207M (M207) Paso de agua elíptico de concreto reforzado:

comprende el tubo de concreto de forma elíptica reforzado. Se incluyen cinco tipos estándar

de elíptico horizontal con diámetro de 450mm a 3600mm (18 a 144 pulgadas) y cinco tipos estándar de elíptico vertical con diámetro de 900mm a 3600mm (36 a 144 pulgadas) Las dimensiones circulares equivalentes están basadas en un área transversal. Están disponibles dimensiones mayores bajo diseño especial.

ASTM C 655M (C655), AASHTO M 242M (M242) Paso de agua D-Load (cargas muertas) reforzado, drenaje pluvial y tubo de alcantarilla: comprende la aceptación del diseño y producción del tubo basándose en el concepto de D-load y técnicas de muestreo estadístico para el tubo de concreto utilizado para el transporte de aguas residuales, pluviales y la construcción de pasos de agua.



ASTM C 789M (C789), AASHTO M 259M (M259) Secciones en caja de concreto reforzado prefabricado para pasos de agua, drenajes pluviales y alcantarillado: comprende las secciones en caja de concreto reforzado en 42 tamaños y formas estándares bajo 0.6m (2 pies) o más de cubierta de tierra para tres condiciones de carga; sólo peso muerto, camión HS20

más peso muerto y carga interestatal alterna más peso muerto.

ASTM C 822M (C822), AASHTO M 262M (M262) Las definiciones de los términos relacionados con el tubo de concreto y productos relacionados: incluye las definiciones de las palabras y terminología que se presenta en las normas para tubos de concreto.

ASTM C 850M (C850), AASHTO M 273M (M273) Secciones en caja de concreto reforzado prefabricado para pasos de agua, drenajes pluviales y alcantarillado con menos de 0.6m (2pies) de cubierta: comprende las secciones en caja de concreto reforzado en 42 tamaños y formas bajo menos de 0.6m (2 pies) o más de cubierta de tierra para dos condiciones de carga; camión HS20 más peso muerto y carga interestatal alterna más peso muerto.

ASTM C 877M (C877), Tiras selladoras externas para alcantarillado de concreto no circular, drenaje pluvial y tubo de paso de agua: comprende las tiras selladoras externas para tubo de concreto no circular que cumple con ASTM C 506M (C506), C 507M (C507), C789M (C789), y C850M (C850)

ASTM C923M (C923) Conectores elásticos entre tubos y estructuras de pozos de visita de concreto reforzado: comprende los requisitos mínimos de material y desempeño para las conexiones elásticas entre el tubo y los pozos de inspección de concreto reforzado que cumplen con ASTM C 478M (C 478)

ASTM C924M (C924) Realizando pruebas de las líneas de alcantarillado con tubo de concreto mediante el método de prueba de aire a baja presión: comprende los procedimientos de las pruebas de las líneas de alcantarillado con tubo de concreto mediante el método de prueba de aire para demostrar la integridad del material instalado y los procedimientos de construcción.

ASTM C969M (C969) Practica de las pruebas de aceptación de exfiltración e infiltración de las líneas de alcantarillado detuvo de concreto: cubre los procedimientos para probar las líneas de

alcantarillado de tubo de concreto prefabricado utilizando ya sea los límites de aceptación de la infiltración o exfiltración para demostrar la integridad de los materiales instalados y los procedimientos de construcción.

ASTM C985M (C985) Drenaje pluvial de paso de agua de resistencia específica de concreto no reforzado: comprende los tubos de concreto no reforzado diseñados para resistencias específicas para su uso en la transportación de aguas residuales, desechos industriales y aguas pluviales y en la construcción de pasos de agua.

ASTM C990M (C990) Especificaciones para uniones de tubo de concreto, pozos de inspección, y secciones en caja prefabricadas utilizando selladores de unión flexibles preformados: comprende las uniones para cajas y tubos de concreto prefabricados y otras secciones utilizando selladores de unión flexibles para usarse en alcantarillas pluviales y los pasos de agua que no operan bajo presión interna, o no están sujetos a límites de infiltración o exfiltración.

ASTM C1103M (C1103) Practica para pruebas de aceptación de uniones de líneas de alcantarillado de tubo de concreto prefabricado instalado: Cubre los procedimientos para realizar las pruebas las uniones de líneas de alcantarillado de tubo de concreto prefabricado instalado, al utilizar ya sea aire o agua a baja presión para demostrar la integridad de la unión y los procedimientos de construcción.

ASTM C1214M (C1214) Método de prueba para líneas de alcantarillado de tubo de concreto mediante el Método de Prueba de Presión Negativa de Aire (Vacío): comprende la utilización de la presión negativa de aire para líneas de alcantarillado de tubo de concreto circular con diámetros de 100 a 900 mm (4 a 36 pulgadas)utilizando uniones con empaques.

ASTM C 1244M (C1244), Método de prueba estándar para pozos de inspección de alcantarillado de concreto empleando el método de

prueba de la presión negativa de aire (vacío): comprende el uso de la prueba de presión negativa de aire para pozos de inspección empleando uniones con empaque.

APÉNDICE

TABLE 1—EQUIVALENT USCS AND AASHTO SOIL CLASSIFICATIONS FOR SIDD SOIL DESIGNATIONS

SIDD Soil Category	Representative Soil Types	
	USCS	AASHTO
Gravelly Sand (CAT I)	SW, SP, GW, GP	A1, A3
Sandy Silt (CAT II)	GM, SM, ML Also GC, SC with less than 20% passing #200 sieve	A2, A4
Silty Clay (CAT III)	CL, MH, GC, SC	A5, A6
	CH	A7

FEET HEAD OF WATER INTO PRESSURE, POUNDS PER SQUARE INCH							
Feet Head	Lbs. per Square Inch	Feet Head	Lbs. per Square Inch	Feet Head	Lbs. per Square Inch	Feet Head	Lbs. per Square Inch
1	.43	20	8.66	75	32.48	160	69.29
2	.87	25	10.83	80	34.65	170	73.63
3	1.30	30	12.99	85	36.81	180	77.96
4	1.73	35	15.16	90	38.98	190	82.29
5	2.17	40	17.32	95	41.14	200	86.62
6	2.60	45	19.40	100	43.31	225	97.45
7	3.03	50	21.65	110	47.64	250	108.27
8	3.40	55	23.82	120	51.97	275	119.10
9	3.90	60	25.99	130	56.30	300	129.93
10	4.33	65	28.15	140	60.63	325	140.75
15	6.50	70	30.32	150	64.96	350	151.58

FEET HEAD OF WATER INTO KILOPASCALS (kN/m²)							
Feet Head	kPa	Feet Head	kPa	Feet Head	kPa	Feet Head	kPa
1	2.99	20	59.77	75	224.14	160	478.16
2	5.98	25	74.71	80	239.08	170	508.05
3	8.96	30	89.66	85	254.02	180	537.93
4	11.95	35	104.60	90	268.97	190	567.81
5	14.94	40	119.54	95	283.91	200	597.70
6	17.93	45	134.48	100	298.85	225	672.41
7	20.92	50	149.43	110	328.73	250	747.13
8	23.91	55	164.37	120	358.62	275	821.84
9	26.90	60	179.31	130	388.51	300	896.55
10	29.89	65	194.25	140	418.39	325	971.26
15	44.83	70	209.20	150	448.28	350	1046.00