

A LA COMUNIDAD TÉCNICA EN COSTA RICA

Se somete a su consideración la revisión de la sección 602 del Manual de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Caminos de Costa Rica, correspondiente a temas de alcantarillado.

Si desea hacer algún aporte o sugerencia, sírvase utilizar el formulario que se facilita. La consulta estará habilitada hasta las 24 horas del 21 de setiembre de 2018.

En caso de duda o requerimiento de ayuda para utilizar el formulario, llame a los Tels. 2511-2521 / 2511-2733 o escriba al correo electrónico unat.lanamme@ucr.ac.cr

Haga su comentario

[AQUÍ](#)

Sección 602.) SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

602.01 Descripción

Esta Sección se refiere al suministro y colocación de sistemas de alcantarillado para carreteras confeccionados con tubos de cloruro de polivinil (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), concreto o acero corrugado, según las características y dimensiones indicadas en los planos constructivos del Proyecto, para los cuales el diámetro del tubo debe ser igual o superior a los 800 mm.

Para el caso de tubos de PVC se encuentran dos tipos de tuberías: perfilada o flexible y de doble pared o rígida, ambas se instalan de la misma manera, variando únicamente el cálculo estructural del relleno de la misma.

En relación con la tubería de PEAD existen dos tipos de tuberías: corrugada y reforzada con acero ambas se instalan de la misma manera. Mientras que, para tubos de PRFV se presentan dos tipos de instalación, los cuales dependen del tipo de suelo, tipo de material de relleno y tipo de carga que vayan a soportar.

En lo que respecta a las alcantarillas de concreto se distingue entre el uso de tubos con y sin refuerzo de acero, además de las alcantarillas tipo vigas cajón, mismas que por su geometría requieren de condiciones distintas de instalación en comparación con a las tuberías de concreto convencionales (circulares, elípticas, de arco).

Por último, se consideran las tuberías de acero corrugado conformadas en fábrica o en sitio; que pueden ser de sección circular, elíptica o abovedada, según dimensiones y espesores señalados en los diseños constructivos, con sus correspondientes accesorios.

602.02 Materiales

Deben cumplir con las siguientes secciones y subsecciones:

Concreto hidráulico	601
Cemento hidráulico	701
Cemento bituminoso	702

Rellenos especiales de lechada	704.11
Tubería de concreto sin refuerzo	706.01
Tuberías de concreto reforzado	706.02
Tuberías de arco de concreto reforzado	706.04
Tuberías de arco elíptico de concreto reforzado	706.05
Tuberías de concreto reforzado para cargas tipo D	706.06
Vigas cajón prefabricadas de concreto reforzado para alcantarillas de caja	706.07
Pozos de inspección prefabricados de concreto reforzado	706.08
Tubería de pared corrugada de polietileno	706.09(b)
Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) reforzado con acero	706.09(d)
Tubería perfilada y de doble pared de cloruro de polivinil (PVC)	706.09(g)
Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	706.09(i)
Tubería de acero corrugado con recubrimiento metálico	707.02
Tubería de metal corrugado recubierta con capa bituminosa	707.04
Lámina de acero estructural	707.05
Lámina estructural recubierta con capa bituminosa	707.07
Tubería de acero recubierta con polímeros	707.08
Tubería de acero, recubierta con fibra bituminizada	707.09
Tubería de lámina en espiral con recubrimiento metálico	707.11
Tubería de lámina en espiral con recubrimiento de aleación de aluminio	707.12
Tubería de acero corrugado con recubrimiento de concreto	707.13
Tubería de acero corrugado con recubrimiento interno	707.14
Sellos premoldeados para las juntas	712.01(c)(2)
Mortero	712.02
Cubrejunta impermeable	712.03

Requerimientos para la construcción

602.03 Generalidades

En general, para la colocación del alcantarillado, se deberá acatar lo indicado en esta Sección y las recomendaciones de los proveedores.

Cuando así se requiera, se deberá usar los mismos materiales y revestimientos en todas las secciones de tubería continua, extensiones y secciones especiales, tales como codos y brazos de conexiones. Los materiales de la tubería de alcantarillado, tamaños y ubicaciones aproximadas se harán según los detalles mostrados en los planos constructivos del Proyecto. Al recibir los ductos, el Contratista solicitará la conformidad de la Administración en cuanto a la calidad y estado de los elementos, antes de su colocación.

Toda alcantarilla o tubería deberá poseer estructuras de entrada y salida (muros y aletones de cabezal y cualquier otra requerida), así como de disipación de energía, según lo indicado en los planos constructivos. Estas estructuras deberán proteger a las alcantarillas, incluyendo las tuberías, el relleno estructural y el relleno vial (terraplén o pedraplén), de los efectos de socavación, degradación y colmatación. Deberán, además, facilitar, en forma segura, el flujo adecuado del agua hacia el cuerpo receptor y se regirán por la División 600 Construcciones conexas, según sea el caso.

Para el diseño del sistema de alcantarillado, se debe considerar la Presión Nominal (PN), que es la presión máxima del agua a la que se estima estará sometida la tubería y sus accesorios. De igual forma, el profesional responsable del diseño establecerá el coeficiente de seguridad para cada valor de PN, según las condiciones del sitio y diseño.

(a) Medidas de seguridad vial durante la ejecución de las obras.

Durante la ejecución de las obras, el Contratista tomará todas las medidas necesarias con respecto a la seguridad del tránsito de peatones y del personal de la jornada, de acuerdo a lo dispuesto en Reglamento de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para Ejecución de Trabajos en las Vías y su respectivo Decreto Ejecutivo, del MOPT, vigente; así como la Subsección 156.08 Supervisor del tránsito y de la seguridad.

Los trabajadores deberán utilizar el equipo de seguridad pertinente para su labor. Además, se deberá instalar la señalización adecuada en toda la zona de trabajo. La Administración deberá verificar su debido cumplimiento, de no ser así se aplicarán las multas que para ello establezca el Contrato y se suspenderán las labores hasta que el Contratista normalice dicha situación, dentro del plazo que para ello establezca la Administración.

(b) Transporte, descarga y acopio de materiales.

- (1) El Contratista deberá colocar toda la señalización y demarcación de seguridad y control de tránsito y peatonal, en toda la zona de transporte, descarga y acopio de materiales, de acuerdo con la normativa respectiva vigente o con las indicaciones de la Administración. El Contratista debe asegurar que todo el personal designado para el transporte, descarga y acopio, deberá portar el equipamiento de seguridad laboral según la normativa respectiva vigente o de acuerdo con lo indicado por la Administración.

Se debe mantener a todas las personas no autorizadas fuera del área de descarga cuando se liberen los amarres del tráiler o medio donde se traslade los tubos.

La Administración deberá verificar el debido cumplimiento en tiempo y forma por parte del Contratista, de las normas de anteriormente indicadas, de no ser así se aplicarán las multas que para ello establezca el Contrato y se suspenderán las labores hasta que el Contratista normalice dicha situación dentro del plazo que para ello establezca la Administración.

- (2) El Contratista deberá ejecutar el procedimiento de descarga y manipulación de tubos acorde con las especificaciones del contrato y del proveedor. No se debe manipular los tubos con cables desnudos o cadenas que pasen dentro del tubo para prevenir que se dañen. En general, deberán utilizarse horquillas rígidas que tomen el tubo por un extremo, o vigas rígidas pasadas por todo el interior del tubo, tomadas por los extremos fuera de la longitud del tubo. Además, si el tubo debe ser desplazado por rodamiento, se recomienda que se coloquen tablonces de madera, para guiar el tubo y éste no sufra daño en espiga o caja.
- (3) Se tendrá especial cuidado en el transporte y almacenamiento de los tubos. No se aceptará el uso de tubos destruidos, despuntados o con otros desperfectos que puedan comprometer la estabilidad y el desempeño de la estructura. Los tubos deben ser almacenados en un terreno plano y localizado lo más cerca posible al punto de instalación.
- (4) Si se almacena los tubos en vertical, es decir, apilados; la campana y las espigas deben intercalarse entre hileras consecutivas. Asimismo, se debe colocar calzas de madera en cuatro puntos a lo largo de los tubos que se encuentren en los costados de la pila, para evitar deslizamientos. Se recomienda

para tubos de plástico y concreto que el número de hiladas no exceda lo indicado en la Tabla 602-1 Hiladas de apilado de tubos.

Tabla 602-1.

Hiladas de apilado de tubos

Diámetro nominal (D _n) en mm	Número de hiladas de tubos		
	PVC y PRFV	PEAD	Concreto
800 - 1 000	2	3	2
Más de 1 000	1	2	1

- (5) Cuando se reciban tuberías de concreto con y sin refuerzo de acero, así como las vigas cajón, el Contratista verificará que presenten en la superficie el nombre o la marca registrada del fabricante en forma legible e indeleble, mediante un procedimiento que no altere la forma ni las resistencias mecánicas de los tubos. No se aceptarán tubos que no cumplan con esta indicación.
- (6) En lo que respecta a tubos corrugados de acero, sólo se aceptarán ductos que se ajusten a lo establecido en la norma ASTM A239 con respecto a la uniformidad y ASTM A143 sobre control de la fragilidad. Los pernos deberán tener cabezas bien moldeadas y el galvanizado u otros recubrimientos no presentaran escamas.
- (7) Las juntas de goma o anillos de neopreno deben ser almacenados en sitios frescos y secos, a temperaturas entre los 10 a 25 °C y protegidas de la luz.

(c) Trazado de la tubería.

- (1) El Contratista deberá realizar los trabajos topográficos necesarios para el adecuado trazo y replanteo de la obra, según los planos constructivos: ubicación final, longitud, fijación de ejes, líneas de referencia y secciones especiales en el campo. No se podrá continuar con los trabajos de excavación e instalación sin que, previamente, se apruebe el trazado.
- (2) Toda tubería que cruce ríos, líneas férreas o alguna instalación de carácter especial, deberá contar con su diseño específico de cruce, que debe contemplar los elementos de protección que la tubería requiera para no sufrir daños.
- (3) El eje de la tubería deberá ser una línea recta en perfil y en planta con la pendiente longitudinal respectiva para el adecuado funcionamiento. Queda a criterio de la Administración si se requiere de sifones debido a obstáculos.

(d) Excavaciones y ademado.

- (1) Las excavaciones de las zanjas se ajustarán a lo especificado en esta Sección y en lo pertinente a lo establecido en la Sección 204 Excavación y terraplenado, en caso de que las excavaciones se realicen en el relleno vial (terraplén y pedraplén) estarán acorde con la Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras, por miedo del cual se efectuará su medición y pago. Se deberá prestar atención en lo que respecta a mantener sin corte el flujo de agua y conducir o desviar las aguas fuera de la zona de las obras.
- (2) Las excavaciones, formación de terraplenes o prismas, la construcción de la cama de apoyo y eventuales rellenos con material granular para reemplazar suelos no aptos para fundación, se regirán por lo estipulado en las Secciones 204 Excavación y terraplenado y 209 Excavación y relleno para otras estructuras, para zanjas y rellenos en terraplén o pedraplén, respectivamente, donde se efectuará

su medición y pago. Asimismo, los procedimientos aquí descritos regirán en lo pertinente para la construcción de cajones de concreto, salvo que la cama de apoyo sea de concreto, según lo establecido en esta Sección y la Sección 614 Relleno de concreto pobre.

- (3) En general, para el proceso de excavación, el Contratista debe aplicar las medidas para evitar riesgos laborales que establece la norma OSHA 1926.651 Zanqueo y excavación, vigente, o la normativa que establezca la Administración para estos efectos. La Administración deberá verificar el debido cumplimiento en tiempo y forma, de dicha norma por parte del Contratista, de no ser así se aplicarán las multas que para ello establezca el Contrato y se suspenderán las labores hasta que el Contratista normalice dicha situación dentro del plazo que para ello establezca la Administración. No habrá compensación alguna al Contratista.
- (4) En caso de existir señales o indicios de que las condiciones del suelo y el nivel freático no resultan favorables para la excavación, se recomienda realizar pruebas en sitio para establecer con anticipación si es necesario hacer o no tablestacado, ademado o drenaje de zanjas.
- (5) Cuando las alcantarillas tengan que ser instaladas en una zanja excavada en relleno vial (terraplén o pedraplén), la excavación de la zanja deberá ejecutarse después de que el terraplén o pedraplén haya sido construido hasta la altura sobre el fondo de la tubería que señalen los planos constructivos u ordene la Administración.
- (6) Solo se debe excavar la longitud de la zanja que pueda ser mantenida sin riesgo alguno para los trabajadores y sin riesgo de colapso por el paso de la maquinaria.
- (7) Las excavaciones no deberán efectuarse con demasiada anticipación a la instalación de las tuberías, para evitar derrumbes y accidentes
- (8) La zanja debe tener las dimensiones necesarios para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad, brindar la adecuada alineación y permitir el ensamble de las uniones; además de permitir el uso del equipo de compactación y la colocación de materiales de relleno.
- (9) La zanja debe contar con una escalera sólida y estables para acceso y salida, anclada al borde superior de la zanja y apoyada sobre una superficie sólida. La escalera debe sobrepasar 1,00 m el borde de la zanja. No se debe escalar por los ademes de la excavación para salir.
- (10) Cuando la profundidad de la zanja sea superior a los 2,00 m se protegerán los bordes de coronación por medio de una barandilla situada a una distancia mínima de 2,00 m del borde de la zanja.
- (11) El material excavado deberá ser colocado a una distancia que no comprometa la estabilidad de la zanja y que no propicie su regreso a la misma, excepto que la Administración establezca otra regla, la distancia desde el borde podrá ser equivalente a la mitad de profundidad de la zanja, pero no menor a 0,30 m. En caso de suelos inestables se deberá dejar una distancia mínima de 2,00 m en zanjas no ademadas y 0,90 m en zanjas ademadas, medidos a partir del borde de la zanja.
- (12) Si existe sobreexcavación, el Contratista deberá rellenar los espacios de sobreexcavación con concreto hidráulico, con una resistencia a la compresión de 100 kg/cm² u otro material apropiado, debidamente compactado y aprobado por la Administración.
- (13) Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de la zanja, éste debe ser abatido como mínimo hasta el fondo de la excavación.
- (14) A menos de que el ademado se deje en el sitio, este debe extraerse en incrementos verticales que permitan la colocación y compactación de material de relleno en el ancho completo de la zanja.
- (15) Se deben llenar las zanjas tan pronto como sea posible y se evitará dejarlas abiertas más allá de la jornada de trabajo. En caso de que la colocación de la tubería se vea interrumpida se debe asegurar

que el tubo no pueda ser movido y, además, se deben clausurar los extremos abiertos para mantenerla limpia evitando el ingreso de agua, o cualquier otro materia..

(e) Materiales de relleno.

- (1) Ningún material deberá colocarse antes de que la Administración haya aprobado las dimensiones y profundidad de la excavación, la clase del material de cimentación y relleno. La Administración deberá elaborar un plan de calidad para la aceptación del material de relleno.
- (2) En caso de que el material excavado se vaya a utilizar como relleno, el Contratista previo a su colocación, deberá inspeccionar visualmente el material apilado para identificar si existen rocas, arcilla altamente plastificada o algún otro material cuestionable. Antes de colocar el material deberá contar con la aprobación de la Administración.

(e) Recubrimiento mínimo en caso de cargas vivas temporales durante el proceso de colocación

Para no imponer tensiones indeseables en tuberías que hayan sido instaladas pero sin haber terminado la colocación del relleno inicial y que, por una razón técnicamente justificada e inevitable, estarán sujetas al paso vehicular antes de estar totalmente terminado su relleno, se deberán recubrir con suelos compactados en forma de rampa en el sentido transversal en ambos lados del tubo, cuyo espesor sobre la corona no sea inferior al establecido por el fabricante para cada ducto, pero no menor de 0,90 m (o la altura que garantice que la carga sobre la tubería, no exceda la resistencia de diseño del tubo), siempre que las cargas máximas no superen los pesos por eje autorizados en carreteras.

Si en las faenas se utilizan vehículos o equipos con mayores pesos en los ejes, sobrecargados, o cuando el tránsito por sobre la estructura se inicia antes de estar totalmente terminada la sección transversal proyectada, las tuberías deberán protegerse colocando un relleno adicional, cuyo espesor y características deberán establecerse mediante el correspondiente estudio. La preparación del estudio, así como la colocación y posterior retiro del relleno adicional, será responsabilidad y correrá a cargo del Contratista.

602.04 Instalación de tuberías

En esta Subsección se establece el procedimiento constructivo para la instalación de tuberías para alcantarillado en carreteras, tanto en zanja como en relleno vial (terraplén o pedraplén). El procedimiento general de instalación de las tuberías será, según sea el material, de acuerdo con las siguientes normas vigentes:

- Tubería de plástico: atender la norma ASTM F1668, adicionalmente para las tuberías de PVC y PEAD seguir la norma ASTM D2321 y para las tuberías de PRFV lo indicado en la norma ASTM D3839.
- Tuberías de concreto: aplicar la norma ASTM C1479 para tubos de concreto reforzado y sin reforzar, en lo que respecta a vigas cajón de concreto cumplir con la norma ASTM C1675.
- Tuberías de acero: para la tubería corrugada conformada en fábrica atender la norma ASTM A798 y para tubería de lámina estructural de acero corrugado conformada en campo, la norma ASTM A807.

Cuando se realice la instalación en zanja, el relleno estará compuesto por las capas de: fundación, encamado, acostillado, relleno inicial y relleno final. En la Figura 602-1 se muestra la ubicación de cada capa según el tipo de instalación en zanja.

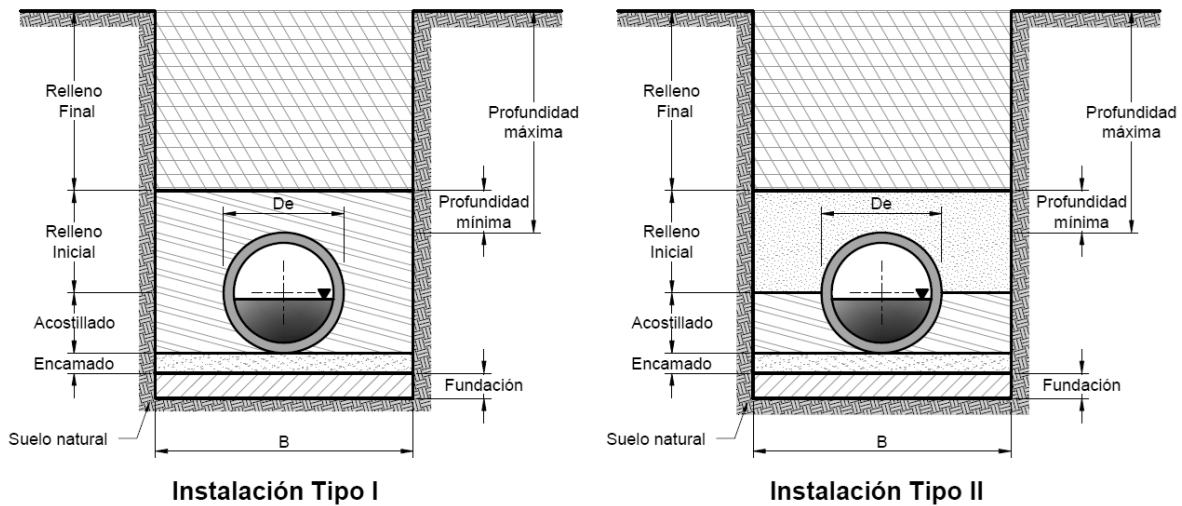


Figura 602-1. Capas del relleno para instalación en zanja

Cuando la colocación del sistema de alcantarillado se realice en relleno vial (terraplén o pedraplén), tal como se aprecia en la Figura 602-2 Capas del relleno para instalación en terraplén y pedraplén, no se permitirá el contacto directo entre el material de pedraplén o terraplén con la tubería por lo que se debe colocar otro material alrededor de la tubería para prevenir concentraciones de esfuerzos y lograr un soporte adecuado de la tubería. Más adelante se indicarán las características que deberá cumplir el material de cada capa.

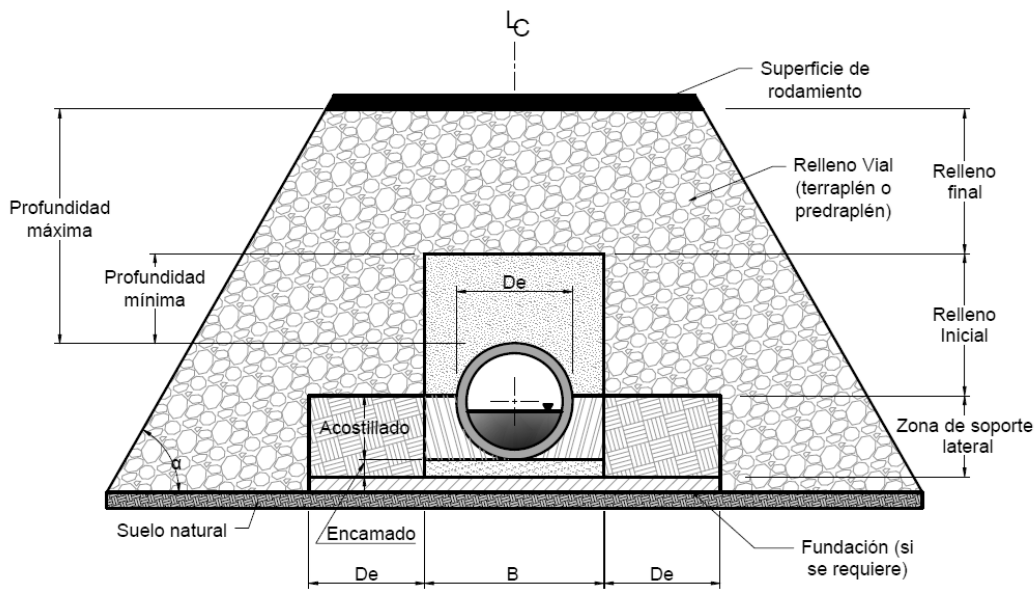


Figura 602-2. Capas del relleno para instalación en terraplén y pedraplén

Las cargas que actuarán sobre el sistema de alcantarillado son el peso propio de los tubos, el peso del agua que fluye en ellos, las cargas vivas durante el proceso constructivo y durante la fase de operación de la estructura, además de la carga muerta asociada al peso del suelo de relleno y de la estructura de pavimento, en caso de que exista. Para ello se deberá realizar un diseño estructural en función de las propiedades físicas del suelo a colocar y la carga viva consideradas para el Proyecto.

El método de instalación de tuberías deberá ser propuesto por el Contratista y aprobado por la Administración, antes de su instalación. Al respecto, se deberá cumplir con los siguientes condiciones:

(a) Ancho mínimo de la zanja

El ancho (B) de la zanja, en metros, para tubos de plástico y concreto deberá ser el mayor valor que se obtenga con las siguientes tres ecuaciones:

- i. $B(m) = 1,25 D_e + 0,30 m$
- ii. $B(m) = D_e + 0,40 m$ a ambos lados del tubo
- iii. $B(m) = D_e + D_e/6$ a ambos lados del tubo

Donde, D_e : Diámetro exterior del tubo en metros

Cuando se instalen tubos de acero corrugado el ancho mínimo de la zanja será igual al diámetro exterior (D_e) más 0,50 m a ambos lados del tubo.

En caso de que los diseños constructivos lo estipulen de otra manera, el Contratista deberá presentar ante la Administración una memoria de cálculo que garantice la estabilidad del tubo bajo las nuevas condiciones de instalación.

Con relación a la instalación de varias tuberías circulares de igual diámetro de plástico y concreto en una zanja común, se debe proporcionar un espacio entre tubos que permita la compactación del material de relleno por debajo y alrededor de éstos, dicho espacio no deberá ser menor a un sexto del diámetro exterior ($D_e/6$) de las tuberías a colocar siempre que estas posean el mismo diámetro. Si se tratase de tubos de acero corrugado se seguirán las disposiciones de la Tabla 602-2 Separación entre tubos de acero corrugados instalados en una zanja común.

Cuando las tuberías instaladas en zanja común posean diámetros diferentes la separación entre tubos será un sexto de la suma de los diámetros $[(D_1+D_2)/6]$ cuando la profundidad de instalación sea menor a 4 m y un cuarto de la suma de los diámetros $[(D_1+D_2)/4]$ cuando la profundidad de instalación sea mayor a 4 m. Cuando se coloquen tubos de distinto diámetro en una misma zanja, éstos deben situarse al mismo nivel de elevación.

Si se cruzan dos tuberías de forma que una de ellas pase por encima de la otra, la distancia vertical entre los tubos y la instalación de la tubería inferior será de un sexto de la suma de los diámetros $[(D_1+D_2)/6]$ cuando la profundidad de instalación sea menor a 4,00 m y un cuarto de la suma de los diámetros $[(D_1+D_2)/4]$ cuando la profundidad de instalación sea mayor a 4,00 m. La separación no debe ser menor a 0,30 m.

Cuando se realice una instalación en terraplén, el ancho a compactar a cada lado del tubo no se debe ser menor a D_e .

Tabla 602-2

Separación entre tubos de acero corrugados instalados en zanja común

Tubos	Diámetro o luz	Mínimo valor de separación horizontal
Circulares	< 0,90 m	0,30 m
	0,90 m a 2,00 m	1/2 D_e ó 0,60 m (el mayor de ambos)
	2,00 m a 7,00 m	1,00 m
Abovedados	Hasta 3,00 m	1/3 L ó 0,60 m (el que sea mayor)

	3,00 m a 7,50 m	1,00 m
--	-----------------	--------

Nota: L corresponde a la luz del tubo abovedado medida horizontalmente.

Por su parte, para vigas cajón, el ancho mínimo de la zanja será igual al ancho del cajón más 0,60 m a cada lado del elemento.

(b) Profundidad mínima y máxima de instalación respecto del nivel de rasante

La profundidad mínima, respecto de la rasante, a la cual se encontrará la corona del tubo, está en función del peso volumétrico del suelo de relleno, el tipo de instalación (zanja o relleno vial en terraplén o pedraplén), la carga de diseño y el factor de apoyo, por lo cual se debe corroborar las recomendaciones del fabricante. En general y a manera de referencia, las profundidades deben rondar los valores indicados en la Tabla 602-3 Profundidad mínima de instalación a la altura de la corona del tubo.

Tabla 602-3

Profundidad mínima de instalación a la altura de la corona del tubo

Material de la tubería		Profundidad mínima de la corona del tubo (m)		
		Con carga viva		Sin carga viva
		Tipo de carga	Profundidad	
Plástico	PVC y PRFV	H-20	0,80-1,60	0,60
	PEAD Corrugado	H-20	0,60	0,60
	PEAD Reforzado con Acero	H-20	0,30-0,60	0,30
Concreto	Concreto sin refuerzo	HS-20	0,90	0,30
	Concreto con refuerzo	HS-20	0,30	0,30
	Vigas cajón		1,00	
Metal	Acero corrugado		0,30 ó 1/8 De	

* El rango varía en función de la clase del tubo y el tipo de relleno.

Del mismo modo, la profundidad máxima respecto de la rasante, a la que se pueden colocar las tuberías dependerá del diámetro nominal y la resistencia del material del tubo, del peso volumétrico del suelo de relleno y su grado de compactación, así como de las condiciones de carga para las cuales se realizó el diseño. Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante o realizar el análisis de resistencia de la tubería, no obstante, en la Tabla 602-4 Profundidad máxima de instalación a la altura de la corona del tubo se indican como referencia, rangos de profundidad de acuerdo con el tipo de tubería a instalar.

Tabla 602-4

Profundidad máxima de instalación a la altura de la corona del tubo*

Material de la tubería		Profundidad máxima de la corona del tubo (m)		
		Con carga viva		Sin carga viva
		Tipo de carga	Profundidad	
Plástico	PVC y PRFD	H-20	6,00 - 12,00	--
	PEAD Corrugado			

	PEAD Reforzado con Acero	H-20	9,00 - 15,00	--
Concreto	Concreto sin refuerzo	HS-20	1,50 - 5,00	2,40 - 7,60
	Concreto con refuerzo	HS-20	0,30 - 15,00	1,80 - 18,00
Metal	Acero corrugado (espesores 1,32 mm a 4,27 mm)	H-20 o H-25	8,00 - 59,00	--

* La profundidad máxima de colocación depende tanto del espesor como del diámetro de la tubería considerada, a menor diámetro y mayor espesor se incrementa la profundidad de instalación.

En lo que respecta a sistemas de alcantarillado construidos con tubos de concreto o vigas cajón, el espesor de pared y la cuantía de acero de los tubos variará conforme incrementa el espesor del suelo de relleno colocado sobre la corona del tubo, ya sea que se realice una instalación en zanja o terraplén. Además, se verá afectado por las cargas dinámicas a las que serán sometidas las estructuras. Por lo anterior, se deberá verificar que la profundidad máxima de instalación cumpla con el diseño estructural previsto y realizado por un profesional competente.

(c) Fundación

La fundación podría no ser necesaria en caso de que el material en el fondo de la zanja brinde la capacidad soportante requerida y garantice la estabilidad de la tubería. No obstante, se debe remover rocas de más de 0,30 m de tamaño nominal, escombros, terrones de suelo y cualquier objeto que pueda provocar concentración de esfuerzos a lo largo del asiento de la tubería.

En caso de que se requiera colocar material de fundación, las condiciones a cumplir según el tipo de tubería, serán las siguientes:

(1) Fundación para tuberías de plástico.

Si el material en el fondo de la zanja no posee la capacidad de soporte especificada en el diseño se debe remover al menos 0,15 m de profundidad o el espesor que la Administración considere necesario (técnicamente justificado), y reemplazarlo con material Clase IA, IB y III. Se podría utilizar material Clase IV-A sólo en caso de condiciones no disturbadas y cuando la zanja esté seca. Este material debe ser compactado al 90 % de la densidad máxima determinada en el ensayo ASTM D1557 Proctor Modificado.

En caso de cimentar con piedra triturada, se recomienda el uso de una tela filtrante para envolver el material de cimentación y así impedir que dicho material se mezcle con el del lecho, lo que podría ocasionar una pérdida de soporte de la fundación.

(2) Fundación para tuberías de concreto.

En lo que respecta a las tuberías de concreto con y sin refuerzo de acero, cuando el material existente al nivel de la fundación sea roca u otro material de alta rigidez o no cumpla con la capacidad soportante de diseño, el Contratista deberá remover el material inadecuado y sustituirlo con material granular compactado o suelo estabilizado, previamente aprobado por la Administración, que cumpla con las mismas características físicas especificadas para el encamado.

El material de sustitución se compactará a una densidad Proctor Estándar (ASTM D698) igual o superior a la especificada para el encamado y deberá ser colocado en capas de 0,15 m hasta alcanzar la elevación fijada para la cimentación.

Cuando se instalen vigas cajón de concreto, excepto que el diseño establezca otra cosa, el suelo sobre el que se colocará el cajón debe poseer una capacidad soportante mínima de 10 t/m² si se trata de vigas cajón de concreto de 3,50 m de ancho o menores, si el cajón de concreto tiene un ancho mayor a los 3,50 m es indispensable que la fundación brinde una capacidad soportante de al menos 15 t/m². La fundación podrá estar constituida por material de relleno con características físicas semejantes a las del encamado compactado al 95 % de Proctor Estándar (ASTM D698) o por concreto pobre, de modo que se cumpla con la capacidad soportante requerida.

(3) Fundación para tuberías de acero corrugado.

El terreno sobre el que se va a colocar la tubería debe cumplir con la capacidad soportante requerida de acuerdo al diseño estructural. Los suelos demasiado blandos o lechos de material duro o rocoso no proporcionan un soporte adecuado y deben sustituirse con material granular (SW, SP, GW, GP según ASTM D2487) que garantice un soporte uniforme y continuo. Cuando se trate de un suelo natural blando es recomendable colocar un geotextil para mejorar la distribución de las cargas y reducir la migración de finos entre el terreno natural y el material mejorado.

Si los tubos de acero corrugado se va a instalar sobre un lecho de roca se deberá colocar una capa de material granular suelto, que se extienda por debajo del nivel de encamado 0,04 m por cada metro de relleno sobre el tubo, con un espesor mínimo de 0,30 m y máximo de 0,60 m. La colocación del material se hará en capas de 0,15 m, compactadas al 95 % de Proctor Estándar (ASTM D698).

(d) Encamado

El encamado es la capa que se extiende con un espesor desde el fondo de la zanja hasta la superficie de apoyo inferior del tubo; es la capa de material donde descansará la tubería y debe brindarle un fondo firme y estable para evitar un apoyo inadecuado.

(1) Encamado para tuberías de plástico.

El material de encamado, acostillado y relleno estructural para tuberías de plástico estará asociado a las cinco categorías de suelo mostradas en la Tabla 602-5 Categorías de material de relleno para tuberías de plástico, según lo establecido por la norma ASTM D2321 para las tuberías de PEAD y PVC y la norma ASTM D3839 para el PRFV. Cada categoría relaciona el tipo de suelo y el nivel de compactación según la codificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos USCS (ASTM D2487) y se muestra su correspondencia con AASHTO (AASHTO M145).

El encamado para la tubería de PVC y PEAD puede ser de material Clase I, II y III y para el PRFV puede ser solo clase I y II, según la Tabla 602-5. Además, esta capa debe tener un espesor de al menos 0,10 m y como máximo de 0,15 m a lo largo de la tubería; en las zonas donde se ubiquen acoples el espesor debe ser de al menos 0,075 m. Cada capa debe ser compacta de la siguiente forma: para Clase I al volteo, Clase II al 85 % del Proctor Estándar (ASTM D698) y la Clase III al 90 % del Proctor Estándar (ASTM D698).

Clases de material de relleno para tuberías de plástico

Clases de suelo empleando nomenclatura ASTM D2321 y ASTM D3839 ⁽²⁾					
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Grupo de suelo SUCS (ASTM D 2487)	<p>Roca triturada angular:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 % pasa la malla de 1-1/2" • ≤ 15 % pasa malla # 4 • ≤ < 25 % pasa malla 3/8 • ≤ < 12 % pasa malla # 200 	<p>Suelos granulares gruesos limpios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SW, SP, GW, GP con ≤ < 12 % pasa malla # 200 	<p>Suelos granulares con finos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GM, GC, SM, SC con > 12 % pasa malla # 200 <p>Suelos finos arenosos o gravosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CL, ML con ≥ 30 % retenido en malla #200 	<p>Suelos finos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CL, ML con < 30 % retenido en malla # 200 	<p>Suelos finos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta plasticidad o con contenido orgánico, turbas, etc. • MH, CH, OL, OH, PT
Grupo de suelo AASHTO (AASHTO M 145)	-	• A1, A3	• A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-4, A6 con > 30 % retenido en la malla # 200	• A-2-7, o A-4, o A-6 con > 30 % o menos retenido en la malla # 200	A5, A7
Recomendaciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptable cuando no se presenta la migración de finos o cuando es combinado con un geotextil filtrante. • Adecuado para usarse como capa filtrante y subdrenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Donde exista agua libre en movimiento se debe revisar la graduación para minimizar la migración de finos. Los grupos limpios son adecuados para usarse como capa filtrante y subdrenaje. • Arenas finas uniformes (SP) con más del 50 % que pasa la malla # 100 (0,15 mm) se comportan como limos y deben ser tratados como suelos Clase III. 	<ul style="list-style-type: none"> • No usar si las condiciones del agua en la zanja impiden una instalación y compactación adecuadas. • No se recomienda su uso con tubos que tengan una rigidez igual o menor a 9 Psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de lograr una rigidez alta del suelo. • No usar si las condiciones del agua en la zanja impiden una instalación y compactación adecuadas. • No se recomienda su uso con tubos que tengan una rigidez igual o menor a 9 Psi. • Se debe seguir las recomendaciones que dicta la norma ASTM D2321. 	No se aceptan como materiales de relleno en zanjas

	Clases de suelo empleando nomenclatura ASTM D2321 y ASTM D3839 ⁽²⁾				
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Encamado	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriado como encamado y para reemplazar sobre-excavaciones y fondos de zanja inestables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriado como encamado y para reemplazar sobre-excavaciones y fondos de zanja inestables. • Colocar y compactar en capas no mayores a 0,30 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriado para reemplazar sobre-excavaciones en el fondo de la zanja. • Colocar y compactar en capas no mayores a 0,15 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriado para reemplazar sobre-excavaciones en el fondo de la zanja. • Colocar y compactar en capas no mayores a 0,15 m. 	
Acostillado y Relleno estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado. • Trabajar el material debajo de la tubería para proveer un apoyo uniforme en la zona del acostillado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado. • Trabajar el material debajo de la tubería para proveer un apoyo uniforme en la zona del acostillado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado. • Difícil de colocar y compactar en la zona del acostillado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado. • Difícil de colocar y compactar en la zona del acostillado. 	
Compactación del material de relleno	<ul style="list-style-type: none"> • Al volteo 	<ul style="list-style-type: none"> • Al 85 % del PE⁽¹⁾ (suelos SW y SP) • Para suelos GW y GP se debe realizar con al menos dos pasadas de equipos de compactación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al 90 % del PE⁽¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> • Al 95 % del PE⁽¹⁾ 	
Método de compactación	<ul style="list-style-type: none"> • Vibración o impacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Vibración o impacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto 	
Control de humedad requerido	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno 	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno 	<ul style="list-style-type: none"> • A la humedad óptima para minimizar el esfuerzo de compactación 	<ul style="list-style-type: none"> • A la humedad óptima para minimizar el esfuerzo de compactación 	

Notas:

1. Las siglas PE indican Proctor Estándar (ASTM D698).

2. Adaptado de: ASTM Compass. (2014). *ASTM D2321 Práctica estándar para la instalación de tubería termoplástica para alcantarillado y otras aplicaciones de flujo por gravedad.*
 ASTM Compass. (2014). *ASTM D3839 Práctica estándar para la instalación subterránea de tubería de fibra de vidrio (termofijo - resina reforzada con fibra de vidrio).*

(2) Encamado para tuberías de concreto.

El encamado deberá ser granular de mediano a fino, preferentemente con un diámetro de partícula de 25 mm, pero no mayor a 38 mm. El encamado deberá tener un espesor mínimo de 0,075 m, sin embargo, cuando la tubería se ubique sobre una fundación de roca el espesor no será menor a 0,15 m.

Se recomienda no compactar el tercio medio del encamado, con el fin de que la tubería se amolde a la cama de material fino y no se propicien concentraciones de esfuerzos. Asimismo, se deberá contar con rebajas en el encamado para recibir las campanas de los tubos.

El material de encamado, acostillado y relleno estructural para tuberías de concreto estará asociado a las cuatro categorías de suelo mostradas en la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado. Cada categoría relaciona el tipo de suelo y el nivel de compactación según ASTM D2487 o AASHTO M145.

En las Tablas 602-7 y 602-8 Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para colocación de tuberías de concreto en terraplén o zanja, respectivamente, se indica el grado de compactación de las capas de encamado y acostillado, según el tipo de suelo de relleno a colocar. Entre menor sea la calidad del relleno mayor deberá ser la resistencia de la tubería a colocar.

Tabla 602-6

Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado

Categoría	Tipo representativo de suelo	
	USCS (ASTM D 2487)	AASHTO (AASHTO M 145)
Categoría I Arena Gravosa	<ul style="list-style-type: none"> Suelos granulares gruesos y limpios: SW, SP, GW, GP o cualquier tipo de suelo con alguna de las categorías anteriores con 12 % o menos pasando la malla 200 (0,075 mm) 	A1-A3
Categoría II Arena Limosa	<ul style="list-style-type: none"> Suelos granulares gruesos con finos: GM, GC, SM, SC o cualquier suelo que comience con alguna de estas categorías y que contengan más del 12 % pasando la malla #200 (0,075 mm). Arena o grava, CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) con menos del 30% retenido en la malla #200 	A-2, A-2-5, A-2-6 o A-4 o A-6 y con menos del 20% retenido en la malla #200
Categoría III Arcilla Limosa	<ul style="list-style-type: none"> Suelos granulares finos; GC, SC, CL, ML (o CL-ML, ML/CL, CL/ML) con menos de 30 % retenido en la malla #200 (0,075 mm) 	A-2-7 o A-4 o A-6 con menos del 30% retenido en la malla #200
Categoría IV *	<ul style="list-style-type: none"> MH, CH, OL, OH, PT 	A-5, A-7

* No se permite su uso en las zonas de encamado y acostillado.

Adaptado de: ASTM Compass. (2016). *ASTM D1479 Práctica estándar para la instalación de alcantarillas prefabricadas de concreto, drenajes pluviales y tuberías para alcantarillas mediante instalaciones estándar.*

Cuando el sistema alcantarillado se vaya a instalar en condición de terraplén, se considerará la compactación de la zona de soporte lateral según los porcentajes mostrados en la Tabla 602-7 y la Tabla 602-8. La zona de soporte lateral corresponde al suelo ubicado dentro de una distancia D_e a ambos lados del tubo, y con un espesor que abarca desde la base del encamado hasta el nivel medio del tubo horizontalmente.

Tabla 602-7

Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para tuberías de concreto colocadas en terraplén y pedraplén¹ según ASTM C1479

Relleno	Espesor del encamado	Material de acostillado y encamado	Zona de soporte lateral
Tipo A	Mínimo $D_e/24$, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use $D_e/12$, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽²⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría II, al 95 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría III, al 100 % del PE⁽²⁾.
Tipo B	Mínimo $D_e/24$, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use $D_e/12$, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría II, al 95 % del PE⁽²⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 85 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría II, al 90 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría III al 95 % del PE⁽²⁾.
Tipo C	Mínimo $D_e/24$, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use $D_e/12$, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I al 85 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría II al 90 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría III, al 95 % del PE⁽²⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I al 85 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría II al 90 % del PE⁽²⁾. • Suelo categoría III al 95 % del PE⁽²⁾.
Tipo D	No requiere encamado, excepto si la fundación es roca. Si la fundación es roca, use $D_e/12$, no menor a 0,15 m	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos categoría I y I, no requiere compactación. • Suelo categoría III, al 85 % del PE⁽²⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos categoría I y II, no requiere compactación. • Suelo categoría III, al 85 % del PE⁽²⁾.

Notas:

1. Cuando se realice instalación en pedraplén o terraplén, el material de relleno a colocar en las zonas de fundación, encamado, acostillado y relleno inicial deberá cumplir las características del material granular indicado en esta tabla, mientras el relleno final y el ancho del terraplén o pedraplén comprendido a los lados del "ancho de zanja", podrá estar constituido por material que cumpla con la Subsección 704.13 Material de terraplén o 704.14 Material de pedraplén.
 2. Las siglas PE indican Proctor Estándar (ASTM D698).
 3. Para las instalaciones tipo A, se requiere mayor rigidez del suelo circundante que para los tipos de instalación B, C y D. Se deberá verificar adecuadamente las propiedades del suelo y nivel de compactación para asegurar el cumplimiento con los requisitos de diseño.
 4. Para la instalación tipo A, se debe usar un material no compactado y no triturado para la conformación del encamado interno; la piedra quebrada no es apropiada para el encamado interno. La piedra triturada que cumple los requisitos de esta norma, podrá colocarse lateralmente, ya que al autocompactarse provee soporte lateral a la tubería. Para alcanzar entre un 90 % y 95 % de compactación con piedra triturada, se deberá compactar el encamado lateral hasta alcanzar la densidad especificada; para dicha compactación se requieren medios mecánicos.
 5. El suelo en la zona desde el punto de máxima deformación, que incluye el encamado lateral, el relleno lateral y las zonas de soporte lateral, excepto la zona del encamado interno, deben ser compactadas al menos con el mismo nivel de compactación del suelo en la zona de relleno.
 6. El espesor del encamado se refiere al espesor del encamado antes de la colocación del tubo.
 7. Una subzanja (gaveta) está definida como una zanja, con su parte superior a una distancia no mayor de 0,1 H (ver figura 1 de la norma). El ancho mínimo de la subzanja deberá ser de 1,33 Do, o mayor, si así es requerido, para contar con el espacio necesario que permite lograr la compactación especificada en las zonas de relleno lateral y encamado. Para subzanjas, exceptuando la zona del encamado interno, cualquier sección de la zona de soporte lateral en la pared de la subzanja deberá ser como mínimo, tan firme como el suelo que cumple con los requerimientos especificados para la zona de soporte lateral y tan firme, como la mayoría del suelo en la zona de relleno, caso contrario deberá ser removido y sustituido por suelo compactado según lo especificado.
 8. En caso de utilizar el material extraído de la zanja, como relleno, se debe compactar de forma adecuada para asegurar que cumpla con los requisitos de las instalaciones tipo A y B.
- Adaptado de: ASTM Compass. (2016). *ASTM D1479 Práctica estándar para la instalación de alcantarillas prefabricadas de concreto, drenajes pluviales y tuberías para alcantarillas mediante instalaciones estándar.*

Tabla 602-8

Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para tuberías de concreto colocadas en zanja según ASTM C1479

Relleno	Espesor del encamado	Material de acostillado y encamado	Zona de soporte lateral
Tipo A	Mínimo De/24, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use De/12, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽¹⁾. 	Suelo natural sin pertubar con rigidez equivalente a los siguientes suelos colocados: <ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría II, al 95 % del PE. • Suelo categoría III, al 100 % del PE⁽¹⁾.
Tipo B	Mínimo De/24, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use De/12, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 90 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría II, al 95 % del PE⁽¹⁾. 	Suelo natural sin pertubar con rigidez equivalente a los siguientes suelos colocados: Suelo categoría I al 85 % PE <ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría II, al 90 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría III, al 95 % del PE⁽¹⁾.

Tipo C	Mínimo De/24, pero no menos de 0,075 m. Si la fundación es roca, use De/12, pero no menos de 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 85 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría II, al 90 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría III, al 95 % del PE⁽¹⁾. 	<p>Suelo natural sin perturbar con rigidez equivalente a los siguientes suelos colocados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelo categoría I, al 85 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría II, al 90 % del PE⁽¹⁾. • Suelo categoría III, al 95 % del PE.
Tipo D	No requiere encamado, excepto si la fundación es roca. Si la fundación es roca, use De/12, no menor a 0,15 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos categoría I y II, no requiere compactación. • Suelo categoría III, al 85 % del PE⁽¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos categoría I y II, no requiere compactación. • Suelo categoría III, al 85 % del PE⁽¹⁾.

Notas:

1. Las siglas PE indican Proctor Estándar (ASTM D698).

2. Para las instalaciones tipo A, se requiere mayor rigidez del suelo circundante que para los tipos de instalación B, C y D. Se deberá verificar adecuadamente las propiedades del suelo y nivel de compactación para asegurar el cumplimiento con los requisitos de diseño.

3. Para la instalación tipo A, se debe usar un material no compactado y no triturado para la conformación del encamado interno; la piedra quebrada no es apropiada para el encamado interno. La piedra triturada que cumple los requisitos de esta norma, podrá colocarse lateralmente, ya que al autocompactarse provee soporte lateral a la tubería. Para alcanzar entre un 90 % y 95 % de compactación con piedra triturada, se deberá compactar el encamado lateral hasta alcanzar la densidad especificada; para dicha compactación se requieren medios mecánicos.

4. Cuando se requiera un ancho de zanja mayor al especificado, esto deberá ser notificado al responsable del proyecto.

5. El ancho de zanja podrá ser mayor al de la figura 3 (de la norma ASTM C1479), si así es requerido, para contar con el espacio necesario que permite lograr la compactación especificada en las zonas de relleno lateral y encamado.

6. La carga de diseño de la tubería debe ser la carga del terraplén aun cuando se use zanja, a menos que se realice un análisis geotécnico que demuestre que el suelo de la pared de la zanja tiene una compactación de un nivel superior que el suelo de la zona de relleno.

7. El espesor del encamado se refiere al espesor del encamado antes de la colocación del tubo.

8. En caso de utilizar el material extraído de la zanja, como relleno se debe compactar de forma adecuada para asegurar que cumpla con los requisitos de las instalaciones tipo A y B.

Adaptado de: ASTM Compass. (2016). *ASTM D1479 Práctica estándar para la instalación de alcantarillas prefabricadas de concreto, drenajes pluviales y tuberías para alcantarillas mediante instalaciones estándar.*

Cuando el suelo del sitio cumpla con las especificaciones indicadas en los planos constructivos y pueda ser utilizado para conformar el encamado de la tubería, para las instalaciones tipo C y D; el tamaño de agregado no debe ser mayor a 75 mm o a la mitad del espesor del encamado, lo que sea menor. El uso de agregados de tamaños mayores a 25 mm, debe ser limitado al 20 % por peso, del total del material del encamado.

Cuando la instalación de cajones de concreto se haga sobre terreno natural o de fundación, ambos de material granular y sin presencia de piedras o terrones, el encamado será de 0,15 cm de espesor. En caso de que el cajón se coloque sobre suelo rígido o roca, el espesor del encamado deberá ser de al menos 0,30 m. El material de encamado será categoría I, compactado al 95 % Proctor Estándar (ASTM D698) o, en su defecto, un firme de concreto simple con una resistencia a la compresión de 150 kg/cm².

(3) Encamado para tuberías de acero corrugado.

El encamado deberá ser granular de mediano a fino, preferentemente con un tamaño máximo de partícula de 19 mm y que cumpla con las características físicas y mecánicas de los suelos de la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado. El espesor del encamado deberá ser suficiente para que las corrugaciones del tubo se llenen con material granular, pero no será menor a 0,10 m. El material será colocado al volteo, de modo que quede suelto y el tubo pueda ajustarse a la superficie del encamado.

Cuando en el fondo de la zanja se encuentran rocas, estas deberán ser excavadas y reemplazadas con suelo Categoría I. Si la tubería corre a lo largo de un cimiento de roca continuo, será necesario proporcionar una cama de suelo apropiado bajo la tubería como se indicó en el apartado de fundación de tuberías de acero corrugado. La compactación no debe ser menor al 90 % de Proctor Modificado (ASTM D1557).

(e) Uniones de tubos

Todas las juntas de unión se colocarán de conformidad con lo que establecen los planos constructivos y las recomendaciones de los proveedores, deberán ser selladas para prevenir posteriores filtraciones de agua o introducción de materiales indeseables. Las juntas o uniones entre tubos se pueden efectuar mediante diversos mecanismos en función del material del tubo, la forma del tubo y las especificaciones del fabricante. Los mecanismos de unión son:

(1) Unión cementada.

Utiliza un adherente que puede ser un material bituminoso, mortero o pegamentos especificados por el fabricante.

Cuando se empleen juntas de mortero se deberá limpiar la parte inferior del final que recibe la tubería. Repellar el interior con suficiente mortero, de tal forma que la tubería que entra tenga su apoyo a nivel, con la tubería previamente colocada. Ajustar las secciones lo más cerca que la construcción del drenaje permita. Rellenar y sellar las juntas con mortero, por adentro y por afuera en toda su circunferencia. Limpiar el exceso de mortero de la parte interior de la tubería. Curar el mortero de las juntas exteriores, cubriéndolo con polietileno o rociándolo con un compuesto de cura. Rellenar, mientras el mortero está en condición plástica o, si el mortero fragua antes del relleno, esperar por lo menos 24 horas antes de rellenar.

(2) Unión espiga-campana.

Se coloca las secciones de tubería con un anillo de caucho o empaque de neopreno para asegurar la impermeabilización de la tubería y así evitar infiltraciones o exfiltraciones. El Contratista debe verificar que los extremos de los tubos no presenten suciedad o materia extraña que impida a la junta cumplir su labor. Previo al acoplamiento se deberá alinear los tubos para evitar que el empaque tienda a salirse de su lugar, se debe remover, limpiar, relubricar y relocalizar los empaques que se han movido o contaminado.

El acoplamiento de los tubos se realizará de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante. No se debe arrastrar el tubo por el relleno de fundación para evitar el despunte de éste y se debe prevenir el deslizamiento de la última sección colocada cada día, anclándola.

(3) Unión por fusión térmica.

Se emplea en tuberías de plástico, se calientan los extremos del tubo y se unen.

(4) Unión con accesorios externos.

Se unen los tubos por medio de accesorios o adaptadores colocados externamente alrededor de la conexión. Los accesorios pueden ser bridas, collarines de concreto o abrazaderas de acero atornilladas en el caso de tuberías de acero corrugado.

Los materiales de las juntas deberán cumplir, cuando así aplique, para tuberías de plástico, concreto y acero corrugado, con lo indicado en la Subsección 712.01(c)(2) Sellos premoldeados para juntas. En tuberías de concreto y acero corrugado los anillos de empaque y los empaques planos deberán estar acorde con la Subsección 712.03 Cubrejunta impermeable. Por su parte, cuando se emplee uniones cementadas, el mortero utilizado deberá cumplir con lo indicado en la subsección 712.02 Mortero, del CR-2010, en su versión vigente.

En tuberías de acero corrugado los pernos, tuercas y arandelas deberán cumplir, en general, con lo indicado en ASTM A307 y ASTM A563; además en caso de utilizar pernos, tuercas y arandelas de alta resistencia se deberá seguir lo indicado en ASTM F3125. Las bandas de acople como collarines, abrazaderas o bridas deben cumplir con ASTM A36.

En líneas de tuberías de plástico las uniones entre tubos deben cumplir los requisitos establecidos en ASTM D3212 y ASTM F913, en caso específico de tuberías de PRFV las uniones deben estar acorde con lo establecido en la norma ASTM D4161. En líneas de tuberías de concreto las juntas flexibles deben cumplir con lo indicado por ASTM C443, ASTM C1677, ASTM C990 y ASTM C923, si se emplea sellos de banda externos deben ser acorde con ASTM C877. Los sistemas de unión de tubos de acero corrugado se adaptarán a lo establecido en ASTM A760 y ASTM A761.

(f) Colocación de los tubos

Para manejar, bajar e instalar los tubos dentro de la zanja, sólo deberán emplearse equipos y procedimientos adecuados, propuestos por el Contratista (según indicaciones del proveedor) y aprobados por la Administración, previo a iniciar la colocación. Se debe tener especial cuidado al manipular tubos con recubrimientos para evitar daños a los mismos.

La tubería debe ser instalada de acuerdo con la pendiente definida en los planos constructivos y especificaciones del Proyecto. La colocación de los tubos se deberá iniciar por el extremo de aguas abajo de la obra, de manera que cada sección quede con su unión de campana o garganta hacia aguas arriba enfrentando el flujo.

En el caso de que presente instalación de tuberías en relleno vial (terraplén o pedraplén), la zanja deberá excavar después de haberse construido el relleno de terraplén o pedraplén, hasta el nivel establecido en los planos constructivos. La mínima longitud del prisma en su parte superior, será igual al diámetro exterior de la alcantarilla más cinco veces esta dimensión a ambos lados de la misma ($De + 10De$).

Terminado y compactado el terraplén o pedraplén, hasta la altura antes indicada, se procederá a excavar una zanja con paredes verticales y cuyo ancho deberá cumplir con lo indicado en la Subsección 602.04(a) Ancho mínimo de zanja. La tubería se deberá colocar, por debajo de la corona del terraplén, a una distancia mínima definida según la Tabla 602.3 Profundidad mínima de instalación a la altura de la corona del tubo. Colocada la tubería se procederá a rellenar la zanja.

Como el material de relleno vial (pedraplén o terraplén) no puede estar en contacto directo con el tubo, el material de relleno a colocar en las zonas de fundación, encamado, acostillado y relleno inicial deberá cumplir con las características del material granular empleado para la instalaciones en zanja, cuando se instalen tuberías de plástico, o lo especificado en la Tabla 602-7, cuando se trate de tuberías de concreto o acero corrugado. Por su parte, el relleno final y el ancho del terraplén o pedraplén comprendido a los lados del "ancho de zanja", podrá estar constituido por material que cumpla con las características indicadas en las Subsecciones 704.13 Material de terraplén y 704.14 Material de pedraplén, según el caso. El material de terraplén o pedraplén se colocará en capas de aproximadamente 0,40 m a 0,60 m de espesor, horizontalmente, hasta alcanzar la altura proyectada.

Además de las condiciones anteriores, se debe cumplir con los siguientes aspectos:

(1) Colocación de tuberías de plástico

Los tubos de PRFV pueden arder, por lo que no es recomendable utilizarlos en situaciones en donde la tubería se vea expuesta a medios inflamables, razón por la cual durante la instalación se deben tomar las medidas necesarias para evitar que los tubos queden expuestos a chispas de soldadura, sopletes de corte u otras fuentes de calor/fuego/eléctricas que puedan provocar la ignición del material.

(2) Colocación de tuberías de concreto

En cada unión de alcantarillas de concreto nuevas con existentes, ya sean estas últimas de concreto, de metal corrugado o de otro material, incluso de distinto diámetro, se deberá construir un collar de concreto armado de las dimensiones y características señaladas en los diseños constructivos. El concreto a emplear deberá tener una resistencia mínima de 210 kg/cm^2 y un agregado con tamaño máximo nominal de 8 mm, el que se cuantificará para efectos de pago, según la Sección 601 Estructuras menores de concreto hidráulico, y cuando corresponda el acero Grado 60, deberá cumplir lo establecido por la norma ASTM A615 y ASTM A706.

Cuando se instalen tuberías de concreto de sección elíptica o de sección circular reforzadas elípticamente, se deberán colocar con el eje mayor en posición horizontal, para lo cual ese eje deberá estar marcado en forma claramente visible. El Contratista deberá verificar que sean instaladas de modo que el eje mayor no se desvíe más de 5° de un plano vertical que cruce a través del eje longitudinal de la tubería. Asimismo, los pozos de concreto deberán ser instalados de modo que se minimice el asentamiento diferencial entre tubo y pozo. Cualquier orificio de fábrica que tuviera el tubo para facilitar el montaje, será rellenado con mortero de proporción 1:1, en peso, de cemento hidráulico y arena, una vez terminada su instalación.

(3) Colocación de tuberías de acero corrugado

En cada unión de alcantarillas de acero corrugado nuevas con existentes, ya sean estas últimas de concreto, de metal corrugado o de otro material, incluso de distinto diámetro, se deberá construir un collar de concreto armado de las dimensiones y características señaladas en los diseños constructivos. El concreto a emplear deberá tener una resistencia mínima de 210 kg/cm² y un agregado con tamaño máximo nominal de 8 mm, el que se cuantificará para efectos de pago, en la Sección 601 Estructuras menores de concreto hidráulico y cuando corresponda el acero Grado 60, deberá cumplir lo establecido por la norma ASTM A615 y ASTM A706.

Al instalar tuberías metálicas confeccionadas con láminas estructurales de acero, colocar la tubería con el traslape de las juntas aguas arriba y los traslapes longitudinales colocados de cualquier forma, pero que no queden en la parte inferior de la tubería. Colocar las tuberías elongadas con el eje de mayor diámetro, con una inclinación de alrededor de 5° con la vertical.

El armado de los ductos con láminas estructurales de acero se iniciará en el punto bajo del tendido, colocando inicialmente el menor número posible de pernos para unirlos. Sólo después de haber montado una sección completa de tubos con apernado parcial, se deberá iniciar la colocación de los pernos restantes, apretando primeramente las tuercas a mano. Siempre se deberá trabajar desde el centro de la costura hacia los bordes. Una vez colocados todos los pernos de una sección, y comprobado que las partes estén bien alineadas y encajadas, se procederá a apretarlos. El apriete deberá alcanzar a 400 Nm, con ± 40 Nm de tolerancia.

Antes de iniciar el relleno, deberán peraltarse a modo de contraflecha todos los tubos circulares de 1,00 m o más de diámetro. Los tubos de diámetros menores al señalado, sólo se deberán peraltar cuando así se disponga en los diseños constructivos.

El peraltamiento consistirá en incrementar el diámetro vertical en un 5 % de su valor a todo lo largo de la tubería, lo que podrá realizarse en terreno o venir preparado de fábrica. El peraltamiento en terreno podrá efectuarse mediante la colocación de cimbras adecuadas u otro procedimiento aprobado por la Administración.

Las amarras, puntales y otros elementos que se usen para peraltar las tuberías, no deberán removerse sino hasta después de construido el terraplén en toda su altura; en todo caso, deberán ser retirados antes de la construcción de muros de boca u otras estructuras de entrada y salida.

Unir las secciones por medio de una banda de acople. No usar bandas planas, o acoples del tipo de camisa lisa. Limitar el uso de bandas de acoples, con proyecciones de agujeros para fijar a las secciones finales acampanadas.

Si las tuberías de acero corrugado poseen un recubrimiento bituminoso interno, el recubrimiento deberá quedar en la parte inferior de la línea de tubería.

(g) Construcción de alcantarilla tipo sifón

Este tipo de alcantarillas busca evadir obstáculos topográficos y otras estructuras que conducen un cauce o agua superficiales. Las excavaciones y la instalación de tuberías para sifones se regirán en lo pertinente, según lo establecido en las Subsecciones 602.03 Generalidades y 602.04 (f) Colocación de tubos, y lo que se especifica a continuación.

Los sifones se deberán construir, en lo posible, con tubos de sección circular de diámetro mínimo 800 mm, para facilitar las labores de limpieza. El diámetro será señalado en los diseños constructivos.

Las tuberías se revestirán en toda su longitud con un dado de concreto de 250 kg/cm² de resistencia mínima. El ancho del dado será igual al diámetro exterior de los tubos más 0,15 m a cada lado o lo que establezcan los planos constructivos; su altura será igual al ancho. A no ser que en los diseños constructivos se indique de otra

manera, en la parte superior e inferior del dado se colocará una malla de acero con barras de 8 mm de diámetro, separadas cada 20 cm. El Contratista deberá demostrar que este refuerzo satisface lo establecido en el Código Sísmico de Costa Rica, en su versión vigente. El colado del dado se efectuará contra el terreno natural de la excavación, incluso su base, previa colocación de un polietileno de 0,10 mm de espesor.

El ancho de la excavación sobre la superficie del dado de concreto, se regirá por lo establecido en la Subsección 602.04(a) Ancho mínimo de zanja. El resto de la excavación se ajustará al ancho del dado de concreto; cualquier sobreexcavación debida a procesos constructivos deberá rellenarse con concreto conjuntamente con el dado proyectado, por cuenta del Contratista. En estas instalaciones no será necesario construir la cama de apoyo de material granular descrita en la Subsección 602.04 (d) Encamado.

El concreto y su curado se regirán por lo establecido en la Sección 701 y 703. La malla de acero deberá tener una resistencia mínima de 6300 kg/cm² y con una fluencia máxima y mínima de 5800 kg/cm² y 4200 kg/cm², respectivamente, (Grado 60), se ajustará a lo estipulado en la Sección 709.

(h) Acostillado

El acostillado es la capa que se extiende con un espesor que va desde la superficie del encamado (superficie de apoyo inferior de la tubería) hasta un nivel del 50 % o 60 % del diámetro externo de la tubería dependiendo del tipo de material de la misma.

Se debe empujar y compactar el material que se ubica entre el encamado y la parte inferior del tubo antes de colocar el resto del material de relleno.

(1) Acostillado para tuberías de plástico.

Dependiendo del tipo de suelo, los materiales de relleno, la profundidad de la tubería, la rigidez del tubo y las cargas que deba soportar la tubería se presentan dos tipos de instalaciones, los cuales se detallan a continuación:

- i. Tipo I. En este tipo de instalación no se hace diferencia entre el acostillado y relleno inicial, se utiliza un mismo material para confinar toda la tubería, ya que debe soportar cargas vivas pesadas.
- ii. Tipo II. En este tipo de instalación el acostillado se extiende desde el encamado hasta 60 % del diámetro para la tubería de PRFV y hasta el 50 % del diámetro para las tuberías de PEAD y PVC. Esta configuración se utiliza para sitios donde: el tránsito va a ser liviano, la tubería no va a estar sometida a presiones nominales altas ($PN < 10 \text{ kg/cm}^2$) y a presiones negativas limitadas (vacío).

Para el acostillado se recomienda el uso de material Clase I, II y III descrito en la Tabla 602-5 Categorías de material de relleno para tuberías de plástico, el cual debe colocarse en capas de 0,10 m a 0,15 m. Además cada capa se compactará al a volteo para la Clase I y se compactará un 85 % y 90 % Proctor Estándar (ASTM D698) para la Clase II y III, respectivamente.

(2) Acostillado para tuberías de concreto.

Tanto para tuberías de concreto con y sin refuerzo convencionales como para vigas cajón de concreto reforzado, el acostillado del tubo se compactará en capas de 0,20 m de espesor a ambos lados por medio de equipos baja intensidad como planchas vibratorias o bailarinas. Se podrá emplear material de relleno que cumpla con las características indicadas en la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado y las Tablas 602-7 o 602-8 Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para tuberías de concreto colocadas en terraplén o zanja,

respectivamente. El tipo de instalación a utilizar estará acorde con lo indicado en los planos constructivos o lo que establezca la Administración.

Cuando el suelo del sitio cumpla con las especificaciones del proyecto y pueda ser utilizado para conformar el encamado de la tubería, para las instalaciones tipo C y D; el tamaño de agregado no debe ser mayor a 75 mm o a la mitad del espesor del encamado, lo que sea menor. El uso de agregados de tamaños mayores a 25 mm, debe ser limitado al 20 % por peso, del total del material del encamado.

Cuando haya que instalar alcantarillas conformadas por vigas cajón y las condiciones de la obra no permitan excavar el ancho necesario a ambos lados del elemento, se recomienda sustituir el relleno lateral por concreto fluido con una resistencia a la compresión de 150 kg/cm² y un espesor mínimo de 0,10 m, a ambos lados.

(3) Acostillado para tuberías de acero corrugado.

El acostillado constará de material granular con un tamaño de partícula menor a 75 mm y que pertenezca a las Categorías I o II de la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado. Se podrá utilizar suelos nativos excavados que no contengan arcilla altamente plástica, material orgánico, material corrosivo, piedras grandes o escombros y se adapten a lo estipulado para suelos de Categorías I o II.

El suelo será compactado a un mínimo de 90 % de Proctor Modificado (ASTM D1557) para suelos Categoría I y a 90% - 95 % de Proctor Modificado (ASTM D1557) para suelos Categoría II, en capas horizontales de 0,15 m de espesor. Al compactar el material a los lados del tubo se deberá hacer de forma alterna a uno y otro lado del tubo, de forma que el nivel sea el mismo a ambos lados y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar los tubos. Se deberá emplear equipos de compactación manual liviano o equipo de compactación de empuje.

(i) Relleno estructural

El relleno estructural se divide en dos partes: relleno inicial y relleno final. El relleno inicial es el comprendido desde el 50 % o el 60 % del diámetro del tubo dependiendo del material de la tubería hasta 0,15 m o 0,30 m por encima de la corona del tubo. El relleno final es aquel que se extiende desde el relleno inicial hasta el nivel de rasante, tendrá un espesor mínimo de 0,30 m. Su composición depende del uso que se le vaya a dar a la superficie, además, el tipo de material de relleno estará en función del material de la tubería.

(1) Relleno inicial.

(a) Relleno inicial para tuberías de plástico. Dependiendo del tipo de suelo, los materiales de relleno, la profundidad de la tubería, la rigidez del tubo y las cargas que deba soportar la tubería se presentan dos tipos de instalación, los cuales se detallan a continuación:

- i. Tipo I. En este tipo de instalación no se hace diferencia entre el acostillado y relleno inicial, se utiliza un mismo material para confinar toda la tubería, ya que debe soportar cargas vivas pesadas. Se extiende desde el encamado hasta 0,15 m o 0,30 m por encima de la corona del tubo.
- ii. Tipo II. En este tipo de instalación el acostillado se extiende desde el 60 % del diámetro del tubo para la tubería de PRFV y desde el 50 % del diámetro del tubo para las tuberías de PEAD y PVC hasta 0,15 m o 0,30 m sobre la corona del tubo. Esta configuración se utiliza para sitios donde el tránsito va a ser liviano, la tubería no va a estar sometida a presiones nominales altas (PN<10 kg/cm²) y a presiones negativas limitadas (vacío).

El material utilizado en el relleno inicial puede ser material de excavación siempre y cuando reúna las características necesarias para ser aceptable, que de no ser así, para el caso de las tuberías de PVC y el PEAD se debe utilizar el material Clase I, II o III, mientras que para las tuberías de PRFV se debe utilizar material Clase I y II, tal y como se describe en la Tabla 602-5 Clases de material de relleno para tuberías de plástico. Este relleno debe compactarse en capas de 0,10 m a 0,15 m utilizando equipo manual para evitar daños en la tubería hasta alcanzar un 90 % de la densidad máxima registrada en el ensayo Proctor Modificado según la norma ASTM D1557.

(b) Relleno inicial para tuberías de concreto. El relleno inicial podrá estar constituido por material de banco, siempre que reúna las características de los materiales Categoría I, II o III, según la Tabla 602-7 Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para tuberías de concreto colocadas en terraplén ó 602-8 Categorías de instalación estándar y requerimientos mínimos de compactación para tuberías de concreto colocadas en zanja, que será compactado con equipos de bajo impacto. No se requiere brindar al material un grado de compactación específico, a menos de que deba proveerse resistencia para soportar la estructura de pavimento, en cuyo caso la compactación se hará según lo especificado en los planos constructivos. La colocación del material se hará en capas de 0,20 m hasta alcanzar el nivel especificado en planos.

(c) Relleno inicial para tuberías de acero corrugado. El relleno inicial se extiende verticalmente desde la mitad del tubo hasta 0,30 m o $1/8D_e$, el que sea mayor, por encima de la corona. Constará de material granular con un tamaño de partícula menor a 75 mm y que cumpla pertenezca a las Categorías I o II de la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado. También se podrán usar suelos Categoría III, pero con un control estricto del grado de compactación. Se podrán utilizar suelos nativos excavados que no contengan arcilla altamente plástica, material orgánico, material corrosivo, piedras grandes o escombros y se adapten a lo estipulado para suelos de Categorías I o II.

El suelo será compactado a un mínimo de 90 % de Proctor Modificado (ASTM D1557) para suelos Categoría I, entre 90 % y 95 % de Proctor Modificado (ASTM D1557) para suelos Categoría II y III, ambos casos en capas horizontales de 0,15 m a 0,20 m de espesor. Al compactar el material a los lados del tubo se deberá hacer de forma alterna a uno y otro lado del tubo, de forma que el nivel sea el mismo a ambos lados y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar los tubos.

El equipo de construcción no debe usarse sobre o junto a la tubería sin que haya suficiente tierra compactada entre ésta y el tubo para evitar distorsiones, daños o sobrecargas.

De acuerdo con las recomendaciones del Contratista y con previa autorización de la Administración, puede optarse por utilizar como relleno inicial y final materiales que se colocan sin compactación, como el lodo cemento, material controlado de baja resistencia (CLSM, por sus siglas en inglés) y varias mezclas de espuma, las cuales proporcionan un excelente relleno estructural siempre que estén diseñadas para producir la resistencia a la compresión requerida.

(2) Relleno final.

(a) Relleno final para tuberías de plástico. Se recomienda el uso de material Clase I, II y III descrito en la Tabla 602-5 Clases de material de relleno para tuberías de plástico, no obstante puede ser utilizado el mismo material excavado, siempre que reúna las características de los materiales recomendados.

Además cada capa se compactara al a volteo para la Clase I y se compactará un 85 % y un 90 % Proctor Estándar (ASTM D698) para la Clase II y III, respectivamente. Se emplearán capas de 0,15 m a 0,20 m de espesor.

- (b) Relleno final para tuberías de concreto. Se recomienda el uso materiales Categoría I, II o III, o material excavado siempre que reúna las características de los materiales recomendados en la Tabla 602-6 Categorías de material de relleno para tuberías de concreto y acero corrugado. El relleno final será compactado con equipos de bajo impacto. No se requiere brindar al material un grado de compactación específico, a menos de que deba proveerse resistencia para soportar la estructura de pavimento, en cuyo caso la compactación se hará según lo especificado en los planos constructivos. La colocación del material se hará en capas de 0,20 m hasta alcanzar el nivel especificado en planos.
- (c) Relleno final para tuberías de acero corrugado. Consistirá en materiales nativos Categoría I, II o III colocados y compactados según las especificaciones y los planos constructivos. Las rocas o cantos rodados grandes no deben colocarse en un espesor de 1,20 m que se extienda sobre la corona del tubo y no se permitirá la presencia de rocas grandes en el relleno final si por encima de la tubería habrá una estructura superficial, como la estructura de pavimento. Los materiales serán colocados a volteo en capas de 0,20 m a 0,30 m de espesor, hasta alcanzar el nivel especificado en planos, a menos de que se requiera brindar un grado específico de compactación para soportar la estructura de pavimento. Cada capa se compactará a 90 % de Proctor Modificado (ASTM D1557).

Cuando la instalación de la alcantarilla se realice en relleno vial, ya sea de pedraplén o terraplén, el relleno final y el ancho del pedraplén comprendido a los lados del "ancho de zanja", estará constituido por material que cumpla con las características indicadas en las Subsecciones 704.13 Material de terraplén y 704.14 Material de pedraplén, según el caso.

602.05 Aceptación

La Administración aceptará los trabajos cuando compruebe que se han realizado a satisfacción el cumplimiento de todas las especificaciones anteriores, la atención adecuada de las recomendaciones ambientales correspondientes, las normas de seguridad vial y de protección de obras, las normas de seguridad ocupacional, el adecuado desarrollo de los procesos constructivos y el cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados, así como el suministro de equipo y herramientas con buen estado y desempeño, utilizados para el desarrollo de todo lo indicado en esta sección.

Además, para la aceptación de los materiales y los procesos constructivos, en lo que razone pertinente la Administración, de acuerdo con los mecanismos que establece el Contrato para el control de la calidad y ejecución de las obras, de conformidad con la intervención técnica seleccionada, se deberá considerar lo indicado al respecto en las Subsecciones 107.02 Inspección visual, 107.03 Certificación, 107.04 Conformidad determinada y ensayada, 107.07 Inspección en sitio.

El Contratista deberá informar previa y oportunamente a la Administración, sobre la procedencia de los tubos que pretende utilizar en la obra, debiendo proporcionarle, además, los antecedentes y certificados que acrediten que el fabricante se ajusta a los requisitos de fabricación, resistencias y tolerancias establecidos en Sección 706 Tubería de concreto y de plástico o 707 Tubería metálica. No obstante, la Administración podrá ordenar la ejecución de ensayos para verificar la calidad de los tubos, los que se efectuarán a cargo y costo del Contratista.

El muestreo y los ensayos que ordene la Administración se realizarán de acuerdo a las Subsección 153 Control de calidad del proyecto y al plan de muestreo aleatorio, aprobado por la Administración, que define el tamaño de la muestra para que ésta sea estadísticamente representativa.

Los materiales de relleno utilizados para las capas de la zanja serán evaluados de conformidad con las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada. Donde la densidad in situ se determinará mediante métodos de prueba, ya sea ASTM D1556 Método de prueba estándar para la densidad y peso volumétrico del suelo en sitio mediante el cono de arena , ASTM D2167 Método de prueba estándar para la densidad y el peso unitario del suelo en su lugar mediante el método del globo de goma o ASTM D6938 Métodos de prueba estándar para la densidad in situ y el contenido de agua del suelo y del suelo agregado por métodos nucleares (profundidad poco profundo), según establezca el Contrato o la Administración.

La excavación y el relleno serán evaluados, aceptados y pagados, de acuerdo con la Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras y Sección 204 Excavación y terraplenado.

El concreto hidráulico será evaluado, aceptado y o pagado de acuerdo con la Sección 601 Estructuras menores de concreto hidráulico y Sección 552 Concreto estructural

La limpieza del terreno será evaluada de acuerdo a las Secciones 201 Limpieza y desmonte y 203 Eliminación de estructuras, servicios existentes y obstáculos.

Para tuberías confeccionadas con tubos de concreto con o sin refuerzo de acero, cuando la Administración lo considere pertinente, se efectuará la prueba de las tres aristas según la norma ASTM C497, para aceptar o rechazar la utilización de los tubos.

En el caso de los sistemas de tuberías de PVC, PEAD, PRFV y acero corrugado se debe corroborar que la deflexión de las líneas de tubería no supere los porcentajes máximos del diámetro nominal del tubo (D_n) que se detallan en la Tabla 602-9 Deflexión máxima de la tubería. En condiciones normales, la deflexión diametral se evidenciará en los primeros 30 días después de instalada la tubería, entre el segundo y tercer día se observan aproximadamente el 90 % de las deflexiones diametrales.

Tabla 602-9
Deflexión máxima de la tubería

Tubería	Deflexión inicial	Deflexión final
PVC y PEAD	-	5 %
PRFV	3 %	5 %
Acero corrugado	-	2 % - 5 %

Se debe corroborar que las juntas o uniones entre tubos se hayan efectuado de manera correcta, de modo que no se presenten fugas o ingreso de material no deseado a la tubería. Para verificar el cumplimiento de lo anterior, en sistemas de tuberías constituidos por PVC, PRFD y PEAD se recomienda llevar a cabo la prueba de aire a baja presión especificada según la norma ASTM F1417.

En líneas de tubería de concreto donde se desee probar el empaque y la hermeticidad de la junta, se efectuará la prueba de cortante en la junta de acuerdo con la norma ASTM C443, la prueba neumática de uniones de acuerdo con ASTM C1103, la prueba hidrostática según la norma ASTM C497, la prueba de presión negativa de aire para líneas de alcantarillado de concreto según ASTM C1214 o para pozos de inspección según ASTM C1244; las pruebas se llevarán a cabo de acuerdo con lo que especifique la Administración.

Cualquier daño causado a las tuberías por el incumplimiento de lo especificado, deberá ser reparado por cuenta y cargo del Contratista, incluso el reemplazo de tuberías si fuera necesario.

602.06 Medición

La unidad de medida será, según las siguientes actividades involucradas, previa aceptación y aprobación por parte de la Administración, de la siguiente forma:

- 1) Concreto hidráulico y concreto pobre: metro cúbico (m³).
- 2) Lechadas y sellos: litros (l).
- 3) Tuberías de alcantarillas de plástico, concreto y acero corrugado: metro lineal (m). La medición se efectuará a lo largo del eje del tendido, en las longitudes requeridas por los planos y aprobadas por la Administración.
- 4) Accesorios de alcantarillas de concreto (codos, anillos, pozos de inspección, entre otros): unidad (u).
- 5) Colocación de alcantarillas de plástico, concreto y acero corrugado: metro lineal (m). La medición se efectuará a lo largo del eje del tendido, en las longitudes requeridas por los planos y aprobadas por la Administración.
- 6) Muros y aletones de cabezales y estructuras de entrada y salida de alcantarillas: Se medirán de acuerdo con la División 600 Construcciones conexas, según corresponda.
- 7) Material de relleno y construcción de terraplenes y pedraplenes: metro cúbico (m³), medido en su posición final, colocado y compactado.
- 8) Eliminación de caminos o calles existentes: metro cuadrado (m²) o metro cúbico (m³).
- 9) Excavación: se cuantificará la excavación de zanjas para efectos de medición de acuerdo con la Sección 204 Excavación y terraplenado y para excavación en relleno vial (terraplén o pedraplén) en la Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras.

Medir las secciones finales, codos y las conexiones en cada ramificación. Si no hay pago para codos, o para las ramificaciones, medirlas como longitud de tubería, a lo largo de la parte inferior.

602.07 Pago

El pago constituirá la plena compensación por el trabajo indicado en esta sección y ejecutado satisfactoriamente con la presente especificación y aceptado parte de la Administración, es decir, por todos los recursos involucrados para su ejecución: suministro y acarreo de todos los materiales, operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento, almacenamiento y colocación de materiales; maquinaria, equipo y personal necesarios, así como la señalización temporal de tránsito y preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Contrato o en este manual.

No se reconocerá pago adicional por concepto de corrección de defectos imputables al Contratista, obra rechazada y corregida. Además, no se pagarán los trabajos en tanto no se cumpla con las normas de seguridad ocupacional especificadas en esta Sección u otras solicitadas en los diseños constructivos.

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago. La excavación de zanjas se pagará de acuerdo con la Sección 204 Excavación y terraplenado, mientras la excavación de terraplén y pedraplén se pagará según la Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras.

Los renglones de pago indicados como "tubería de alcantarillado" contemplan el pago por el suministro y colocación de los tubos y sus accesorios correspondientes. Así como, el sellado interior y exterior de las juntas de

unión, el cordón de mortero alrededor del perímetro exterior de las juntas o juntas de goma si es el caso, y demás actividades y trabajos que sean necesarias para cumplir con lo especificado.

Renglón de pago		Unidad de medida	
CR.602.01	Relleno de concreto pobre	Metro cúbico	(m ³)
CR.602.02	Lechadas y sellos	Litro	(l)
CR.602.03	Tubería de alcantarillado de PEAD corrugado ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.04	Tubería de alcantarillado de PEAD reforzado con acero ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.05	Tubería de alcantarillado de PVC perfilado ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.06	Tubería de alcantarillado de PVC doble pared ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.07	Tubería de alcantarillado de PRFV ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.08	Tubería de alcantarillado de concreto sin refuerzo clase ___ de ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.09	Tubería de alcantarillado de concreto con refuerzo clase ___ de ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.10	Tubería de alcantarillado arco de concreto, con una luz de ___ mm y ___ mm de peralte	Metro lineal	(m)
CR.602.11	Tubería de alcantarillado arco o elíptica de concreto de ___ mm de diámetro equivalente	Metro lineal	(m)
CR.602.12	Tubería de alcantarillado de concreto reforzado para cargas tipo D, ___ mm	Metro lineal	(m)
CR.602.13	Viga cajón de concreto prefabricado ___ mm de luz, ___ mm de peralte	Metro lineal	(m)
CR.602.14	Tubería de alcantarillado de tubo circular de acero corrugado ___ mm, recubierta con _____	Metro Lineal	(m)
CR.602.15	Tubería de alcantarillado de tubos de sección elíptica de acero corrugado, recubierta con _____	Metro Lineal	(m)
CR.602.16	Tubería de alcantarillado de tubo de sección abovedada de acero corrugado ___ de luz, ___ de peralte, espesor ___ mm, recubierta con _____	Metro Lineal	(m)
CR.602.17	Accesorios de alcantarilla	Unidad	(U)
CR.602.18	Ramales de conexión descripción _____	Unidad	(U)
CR.602.19	Colocación de alcantarillas de concreto	Metro Lineal	(m)
CR.602.20	Colocación de alcantarillas de plástico	Metro Lineal	(m)
CR.602.21	Colocación de alcantarillas de acero corrugado	Metro Lineal	(m)
CR.602.22	Aletones de cabezales en concreto hidráulico	Metro cúbico	(m ³)
CR.602.23	Muros de cabezales en concreto hidráulico	Metro cúbico	(m ³)
CR.602.24	Estructuras de entrada y salida de alcantarillas en concreto hidráulico	Metro cúbico	(m ³)
CR.602.25	Agregado para material de relleno (se debe especificar granulometría)	Metro cúbico	(m ³)
CR.602.26	Eliminación de caminos (o calles) existentes	Metro cuadrado	(m ²)
CR.602.27	Eliminación de caminos (o calles) existentes	Metro cúbico	(m ³)

*** ULTIMA LINEA ***