

Designación: D2321-00

Práctica Estándar para La Instalación de Tubos Termoplásticos para Aplicaciones de Drenaje y Otras Aplicaciones por Flujo a Gravedad

1. Alcance

1.1 Esta norma provee las recomendaciones para la instalación de tuberías termoplásticas subterráneas usadas en alcantarillados y otras aplicaciones de flujo por gravedad. Estas recomendaciones intentan asegurar la estabilidad del medio subterráneo en donde se instalará la tubería termoplástica bajo un amplio rango de condiciones de servicio. Sin embargo, debido a los numerosos productos de tubería plástica flexible disponibles y la variabilidad de las condiciones naturales del suelo, el alcanzar un desempeño satisfactorio de cualquiera de los productos pudiera requerir modificación a lo estipulado aquí para cubrir determinados requisitos del proyecto.

1.2 El alcance de esta norma necesariamente excluye criterios de desempeño del producto tales como: rigidez mínima del tubo o la resistencia a largo plazo, etc. Por tanto, esto obliga al fabricante, al diseñador o al ingeniero de proyecto a verificar y asegurar que la elección de la tubería para un uso determinado, cuando se instala según los procedimientos indicados en esta norma, proveerá en el largo plazo, un funcionamiento satisfactorio de acuerdo a los criterios de uso establecidos. Se incluye en el Apéndice X1 un comentario sobre los factores importantes para alcanzar una instalación satisfactoria.

NOTA 1 - En el contenido de esta norma se hace referencia a párrafos específicos del anexo, con propósitos informativos.

NOTA 2 - Las siguientes normas pueden ser útiles en relación con esta norma: Práctica ASTM D 420, Método de Prueba ASTM D 1556, Método ASTM D 2216, Especificación ASTM D 2235, Método de Prueba ASTM D 2412, Especificación ASTM D 2564, Práctica ASTM D 2657, Práctica ASTM D 2855, Método de Prueba ASTM D 2922, Método de Prueba ASTM D 3017, Especificación ASTM F 402, Especificación ASTM F 477, Especificación ASTM F 545 y Especificación ASTM F 913.

NOTA 3 - La mayoría de los códigos de plomería y algunos códigos de construcción prevén la instalación de "drenes de edificios y drenajes de edificios" subterráneos. Revíselos para aplicaciones de plomería.

1.3 *Esta norma pudiera implicar materiales peligrosos, operaciones y equipos. Esta norma no implica atender todos los problemas asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar las limitaciones de aplicación previas al uso de la misma.*

¹ Esta práctica está bajo la jurisdicción del Comité F-17 ASTM en sistemas de tubería plástica y directamente responsabilidad del subcomité F17.62 en tubería de drenaje sanitario. Edición actual aprobada en mayo 10 del 2000. Publicada en agosto del 2000. Originalmente publicada como D2321-89. Última edición previa D2321-89 (95).

2. Normas de Referencia

2.1 Normas ASTM:

ASTM D 8. Terminology Relating To Material For Roads And Pavements.²

ASTM D 653. Terminology Relating To Soil, Rock, And Contained Fluids.³

ASTM D 698. Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))

ASTM D 2487. Test Methods For Classification Of Soils For Engineering Purposes.^{3,4}

ASTM D 2488. Practice For Description And Identification of Soil. (Visual-Manual Procedure)^{3,4}

D 3839 Practice for Underground Installation of "Fiber-glass" (Glass-fiber reinforced thermosetting resin) pipe.

D 4318. Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index of Soils.³

ASTM F 412. Terminology Relating To Plastic Piping Systems.⁴

3. Terminología

3.1 *Definiciones Generales - Las definiciones usadas en esta norma están de acuerdo con las definiciones encontradas en las normas nacionales del producto correspondiente y las ASTM F412, ASTM D 8, ASTM D 653 a menos que se indique otra cosa.*

3.2 Descripción de términos específicos para esta norma:

3.2.1 *cimentación, encamado, acostillados, relleno inicial, relleno final, diámetro de tubería, ancho de zanja, recubrimiento inicial (G):* ver figura 1 para el significado, límites y terminología de la zanja.

3.2.2 *agregado:* material granular de composición mineral tal como arena, grava, escombros o piedra triturada. (ver Terminología D 8).

3.2.3 *deflexión:* cualquier variación en el diámetro interno de la tubería resultado de la instalación y de las cargas impuestas (vivas y muertas). Puede ser tanto vertical como horizontal y usualmente se establece como un porcentaje del diámetro interno original de la tubería.

3.2.4 *agregado de granulometría cerrada:* agregado que tiene una distribución de partículas tal que, cuando es compactado, la razón de vacíos entre las partículas de los agregados, expresado como un porcentaje del espacio total ocupado por el material, es

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.08.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.04.

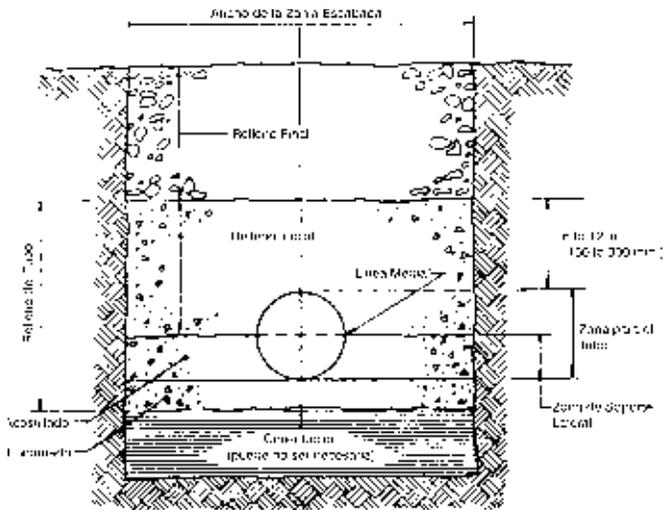


FIG. 1 Sección Transversal de la Zanja Mostrando los Elementos Mencionados en la Terminología

relativamente pequeño.

3.2.5 *ingeniero*: el ingeniero responsable de la obra o su representante reconocido o autorizado.

3.2.6 *agregado manufacturado*: agregados tales como escombros que son producidos o derivados de un proceso de manufactura o de una mezcla natural y que son reducidos a su forma final por un proceso de trituración

3.2.7 *agregado de granulometría abierta*: agregado que tiene una distribución de partículas tal que, cuando es compactado, la razón de vacíos entre las partículas de los agregados, expresado como un porcentaje del espacio total ocupado por el material, es relativamente grande.

3.2.8 *contenido óptimo de humedad*: contenido de humedad del suelo en el cual se obtiene su densidad máxima (ver método de prueba en la norma ASTM D 698).

3.2.9 *agregados procesados*: agregados que son cribados, lavados, mezclados o entremezclados para producir una distribución específica del tamaño de las partículas.

3.2.10 *densidad proctor estándar*: peso seco unitario máximo del suelo al ser compactado con el contenido óptimo de humedad, obtenido en laboratorio de acuerdo al método de prueba ASTM D 698.

4. Significado y uso

Esta norma es para el uso de diseñadores, constructores, agencias de regulación, propietarios y organizaciones de inspección relacionados con la construcción de drenajes sanitarios y aplicaciones para flujo a gravedad que utilizan tubería termoplástica flexible. Al igual que con cualquier norma, pueden requerirse modificaciones para condiciones de trabajo específicas o para condiciones locales o regionales especiales. Las recomendaciones para la inclusión de esta práctica en los contratos para un proyecto específico se proporcionan en el Apéndice X2.

5. Materiales

5.1 *Clasificación* - Los materiales para ser usados como cimentación, recubrimiento y rellenos están clasificados en la Tabla 1. Esta clasificación incluye agregados naturales, manufacturados y procesados y los tipos de suelo clasificados con la norma ASTM D2487.

NOTA 3. Ver norma ASTM D 2488 para un procedimiento manual y visual para identificación del suelo.

NOTA 5. Los materiales procesados producidos para la construcción de carreteras, incluyendo agregado grueso, material de base, subbase y materiales para superficies de rodamiento, cuando se usen para cimentación, encamado y relleno deben clasificarse de acuerdo con este apartado y la tabla 1 según la forma y la granulometría.

5.2 *Instalación y uso* - La Tabla 2 provee recomendaciones para la instalación y el uso de acuerdo con el tipo de suelo o agregado y su ubicación dentro de la zanja.

5.2.1 *Uso del suelo y agregado Clase I a IV A* - Estos materiales pueden ser usados siguiendo las recomendaciones de la tabla 2 a menos que se especifique lo contrario

5.2.2 *Uso de suelo y materiales Clase IV B y V* - Estos materiales no son recomendados para recubrimientos y deben ser excluidos del relleno final excepto cuando las condiciones del proyecto lo permitan.

5.3 *Descripción del material de relleno* - Los apartados 5.3.1 a la 5.3.5 describen las características del material recomendado para rellenos.

5.3.1 *Materiales Clase IA* - Estos materiales proveen una estabilidad y soporte máximo para una densidad especificada a causa del entrelazado angular de partículas. Con esfuerzo mínimo estos materiales pueden colocarse hasta alcanzar densidades relativamente altas en un amplio rango de contenido de humedad. Además, la alta permeabilidad de los materiales Clase IA puede ayudar a controlar el agua, y estos materiales son deseables usualmente para rellenos en cortes de roca donde generalmente existe agua. Sin embargo, cuando se prevea la existencia de flujos de agua subterráneas, deben tomarse precauciones para evitar la posible migración de materiales finos de las zonas adyacentes hacia los materiales del de Clase IA de granulometría abierta. (ver X1.8).

5.3.2 *Materiales Clase IB* - Estos materiales son producto de la mezcla de materiales Clase IA y arenas naturales o procesadas para obtener un agregado de granulometría cerrada que minimice la migración de materiales finos contenidos en las áreas adyacentes (ver anexo X.1.8). Estos materiales son un poco más densos que los materiales de la Clase IA y por lo tanto requiere de un mayor esfuerzo de compactación para alcanzar la densidad mínima especificada. Cuando se han compactado correctamente, los materiales de la Clase IB ofrecen alta rigidez y resistencia y dependiendo de la cantidad de materiales finos, pueden ser drenados con relativa facilidad.

5.3.3 *Materiales Clase II* - Estos materiales al compactarse proveen un nivel de soporte relativamente alto a la tubería. En muchos aspectos tienen todas las características deseables de los materiales de la Clase IB cuando tienen granulometría cerrada. Sin embargo, los grupos de granulometría abierta pueden permitir migración de finos y las graduaciones deben ser revisadas para que sean compatibles con las graduaciones de los materiales adyacentes (ver anexo X.1.8). Típicamente, los materiales Clase II consisten de partículas redondeadas y son menos estables que los materiales angulares, a menos que estén confinados y compactados.

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

Tabla 1 Clases de Materiales para Encamado y Relleno

Clase	Tipo	Símbolo del grupo de suelo (de acuerdo a D2487)	Descripción	Porcentaje pasando las mallas No.			Límites de Atterberg		Coeficientes	
				1 ½ in. (40 mm.)	No. 4 (4.75 mm)	No. 200 (0.075 mm)	LL	PI	Uniformidad C _u	Curvatura C _c
IA	Agregados Manufacturados: graduación abierta, limpios.	Ninguno	Angulares, piedra o roca triturada, grava triturada, coral triturado, escoria, cenizas o conchas trituradas; alto contenido de vacíos, contienen poco o ningún material fino ^a ;	100%	≤ 10 %	< 5 %	No plástico			
IB	Agregados procesados, manufacturados; graduados densamente, limpios.	Ninguno	Angulares, roca triturada (u otro material clase 1A) y mezclas piedra/arena con graduaciones seleccionadas para minimizar la migración de suelos adyacentes; contienen poco o ningún material fino (ver X1.8)	100%	≤ 50 %	< 5 %	No plástico			
II	Suelos de grano grueso, limpios	GW	Gravas bien graduadas y mezclas de grava-arena; poco o ningún material fino.	100%	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	< 5 %	No plástico		>4	1 a 3
		GP	Gravas mal graduadas y mezclas de grava-arena; poco o ningún material fino.						<4	<1 ó >3
		SW	Arenas bien graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino.		> 50 % de la "Fracción Gruesa"				>6	1 a 3
		SP	Arenas mal graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino.		<6				<1 ó >3	
	Suelos de grano grueso, en la frontera entre materiales limpios y con finos	ej. GW-GC, SP-SM.	Arenas y gravas que se encuentren en la frontera entre materiales limpios y con finos.	100%	Varía	5% a 12%	No plástico		Los mismos que para GW, GP, SW y SP	
III	Suelos con grano grueso con finos.	GM	Gravas limosas, mezclas de gravas-arenas-limos.	100%	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	12% a 50%			<4 ó <"A" Línea	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arenas-arcillas.						<7 y >"A" Línea	
		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas-limos.		>4 ó <"A" Línea					
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas-arcillas.		>7 y >"A" Línea					
IV ^A	Suelos con grano fino (inorgánicos)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, limos con poca plasticidad.	100%	100%	>50%	<50	<4 ó <"A" Línea		
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, gravas arcillosas, arenas arcillosas, arcillas limosas, arcillas rebajadas ^a					>7 y >"A" Línea		
IVB	Suelos de grano fino (inorgánicos)	MH	Limos inorgánicos, arenas finas micáceas o diatomáceas o suelos limosos, limos elásticos.	100%	100%	>50%	>50	<"A" Línea		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.					>"A" Línea		
V	Suelos orgánicos	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	100%	100%	>50%	<50	<4 ó <"A" Línea		
		OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos.					>50	<"A" Línea	
	Altamente orgánicos	PT	Tierra negra y otros suelos con alto contenido orgánico.							

^aEl método de prueba D 2487 incluye clasificaciones de frontera y símbolos duales dependiendo del índice plástico y los límites líquidos. Nota- "la Fracción Gruesa" utilizada en esta tabla se define como el material retenido en la malla No. 200.

de soporte razonable para la tubería.

5.3.5 *Materiales Clase IV-A* - Estos materiales requieren de una evaluación geotécnica antes de su utilización. El contenido de humedad debe estar cerca del nivel óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación y alcanzar la densidad requerida. Si son

colocados y compactados adecuadamente pueden proveer niveles de soporte razonables para la tubería; sin embargo, su uso puede ser inconveniente en condiciones de carga altas, tales como; rellenos altos, tráfico pesado o bajo equipo de compactación vibratorio pesado. Estos materiales no deben usarse cuando exista

TABLA 2 Recomendaciones para la instalación y utilización de suelos y agregados para cimentaciones, lechos y rellenos

	Clase de Suelo (ver Tabla 1) ^A				
Recomendaciones generales y restricciones	Class IA	Class IB	Class II	Class III	Class IV-A
	No utilizarlos donde las condiciones existentes pudieran causar la migración de finos del suelo adyacente y la pérdida de soporte de la tubería. Aprovechados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes en cortes de roca donde el material adyacente está apropiadamente graduado (ver tabla X1.8)	Procese los materiales según se requiera para obtener una graduación tal que minimice la migración de materiales adyacente (ver X1.8). Aprovechados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	Donde exista gradiente hidráulico, revise la graduación para minimizar la migración. Grupos "limpios" son apropiados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	No los utilice donde las condiciones del agua en la zanja puedan causar inestabilidad.	Obtenga una evaluación geotécnica del material propuesto. Este puede no ser apropiado para rellenos altos de suelo, superficies con altas cargas de tráfico, y compactadores y "tamperers" vibratorios pesados. No los utilice donde las condiciones del agua puedan causar inestabilidad.
Cimentación	Aprovechados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6".	Aprovechados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6".	Aprovechados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6".	Aprovechados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. No los utilice en espesores totales mayores a 12". Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6".	Aprovechados solamente en condiciones no alteradas y en zanjas secas. Retire todo el material suelto y proporcione un fondo de zanja firme y uniforme antes de colocar el lecho.
Encamado	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 6". Ajuste la pendiente definitiva a mano. Profundidad mínima de 4" (6" en cortes de roca)	Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Ajuste la pendiente definitiva a mano. Profundidad mínima de 4" (6" en cortes de roca)	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Ajuste la pendiente definitiva a mano. Profundidad mínima de 4" (6" en cortes de roca)	Aprovechados solamente en zanjas secas. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Ajuste la pendiente definitiva a mano. Profundidad mínima de 4" (6" en cortes de roca)	Aprovechados solamente en zanjas secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Ajuste la pendiente definitiva a mano. Profundidad mínima de 4" (6" en cortes de roca).
Acostillado	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 6". Trabaje a mano la zona alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Trabaje a mano la zona alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Trabaje a mano la zona alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Trabaje a mano la zona alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Aprovechados solamente en zanjas secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 6". Trabaje a mano la zona alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.
Relleno inicial	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos hasta una altura de 6" mínimo por encima de la corona del tubo.	Instálelos y compáctelos hasta una altura de 6" mínimo por encima de la corona del tubo.	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos hasta una altura de 6" mínimo por encima de la corona del tubo.	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos hasta una altura de 6" mínimo por encima de la corona del tubo.	Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compáctelos hasta una altura de 6" mínimo por encima de la corona del tubo.
Compactación del relleno ^B	Colóquelos a mano para asegurar que todos los vacíos y las áreas de soporte lateral (rinconeras) estén llenas. Para obtener altas densidades utilice compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar ^C mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar ^C mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar ^C mínima 90%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.	Densidad Proctor estándar ^C mínima 95%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.
Relleno final	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero	"Aprovechados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.

^A Materiales clase IV-B (MH-CH) y clase V (OL, OH, PT) no son apropiados para lechos. Se puede utilizar como relleno final si el ingeniero lo permite.

^B Cuando se utilicen compactadores mecánicos evite el contacto con el tubo. Cuando se esté compactando sobre la corona del tubo, mantenga una cubierta de 6" cuando se usen compactadores pequeños. Cuando se utilicen compactadores mayores mantenga las cubiertas mínimas de acuerdo a lo indicado por el ingeniero.

^C Las densidades mínimas dadas en la tabla tienen la intención de ser los requisitos mínimos para obtener una rigidez del lecho satisfactoria en la mayoría de las condiciones de instalación (ver 7.5.1).

agua en la zanja que pueda causar inestabilidad y un contenido incontrolable de agua.

5.4 *Contenido de humedad en el material del relleno* - El contenido de humedad debe estar dentro de los límites aceptados, para permitir la colocación y compactación a los niveles requeridos

con un esfuerzo normal. Para suelos poco permeables (tales como los de Clase III, Clase IV A y algunos en el límite de la Clase II), el contenido de humedad normalmente requerido debe ser $\pm 3\%$ del óptimo (ver método de prueba ASTM D 698). La practicidad de obtener y mantener los límites requeridos en el contenido de

humedad es un criterio importante para la selección de materiales, ya que fallar al lograr la densidad requerida, especialmente en la zona de tubo, pudiera resultar en deflexión excesiva. Donde existe la posibilidad de que entre agua en la zanja, los materiales del relleno deben elegirse por su habilidad para densificarse rápidamente mientras son saturados (esto es, materiales de rápido escurrimiento, granulares no cohesivos).

5.5 *Tamaño máximo de las partículas* - El tamaño máximo de las partículas del material del relleno está limitado a los materiales que pasen una malla de 1 ½ in (37,5 mm) (ver tabla 1). Para facilitar el relleno alrededor de una tubería de diámetro pequeño y para prevenir daños en la pared de la misma se requiere un tamaño menor de partículas (ver X.1.9). Cuando el relleno final contiene rocas, grava, etc., el ingeniero puede exigir mayores espesores del relleno inicial (ver Fig.1).

6. Excavación de la zanja

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

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

6.2 *Control de aguas* - No se debe colocar o recubrir tuberías mientras exista agua en la zanja. Se debe prevenir, en todo momento, la entrada de aguas superficiales en la zanja.

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

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

6.2.3 *Materiales para el control del agua* - Se deben utilizar materiales bien graduados en el cimiento, las capas del encamado,

o como colchones de desagüe para transportar las corrientes de agua al foso de succión u otros drenajes. Se deben utilizar materiales bien graduados junto con subdrenes para mejorar el flujo de agua según se requiera. Se debe seleccionar la graduación de los materiales de drenaje para minimizar la migración de partículas finas de las partes adyacentes. (ver anexo X.1.8).

6.3 *Ancho mínimo de la zanja* - Cuando las paredes de la zanja sean estables o están sostenidas, se debe dar el ancho suficiente, pero no mayor que el necesario para garantizar que el área de trabajo sea segura y adecuada para compactar el encamado, el acostillado y otros materiales de recubrimiento. El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería. Los anchos mínimos no deben ser menores que el diámetro exterior del tubo más 16 pulgadas (400mm) o el diámetro exterior del tubo multiplicado por 1.25, más 12 pulgadas (300mm). Adicionalmente, a las consideraciones de seguridad, el ancho de la zanja en suelos inestables no adermados y con poca firmeza depende del diámetro y la rigidez de la tubería, la rigidez del relleno, y del suelo natural y el espesor de recubrimiento (ver anexo X.1.10). Puede utilizarse equipo especial que permita la instalación y el recubrimiento satisfactorios de la tubería en zanjas más estrechas que las especificadas. Si se determina que el uso de tales equipos provee una instalación consistente con los requerimientos de esta norma, los anchos mínimos de la zanja pueden ser reducidos, según aprobación del ingeniero.

6.4 *Soporte de las paredes de la zanja* - Cuando se usen sistemas de sostenimiento tales como; tablestacas, gatas, pantallas o cajas especiales, se debe asegurar que el soporte del tubo y su recubrimiento se mantengan a lo largo de la instalación. Además se debe asegurar que la tablestaca sea lo suficientemente hermética para prevenir el lavado de las paredes detrás del sistema de tablestacado. Se deben proveer soportes herméticos de paneles de zanja bajo viaductos, servicios existentes u otras obstrucciones que restrinjan el hincado de tablestacas.

6.4.1 *Soportes dejados en el sitio* - A menos que el ingeniero decida lo contrario, los tablestacas utilizados como soportes dentro o debajo de la zona de tubería deben ser dejados en su posición para evitar la pérdida de soporte del material de cimentación o del relleno. Cuando la parte superior del ademe deba cortarse, debe hacerse a 1.5 ft. (0.5 m) o más arriba de la corona del tubo. Se deben dejar barreras y apuntalamientos en el lugar según se requieran para soportar el corte en el ademe y los alrededores de las paredes de la zanja en la zona de la tubería. Si se considera que el ademe debe dejarse colocado en el sitio, éste se considerará como una estructura permanente y por tanto debe tratarse contra la degradación biológica (por ejemplo ataque de insectos u otras formas biológicas), y contra el deterioro si está por encima del agua subterránea.

NOTA 6 Ciertos preservativos y componentes protectores pueden reaccionar en forma adversa con algunos tipos de termoplásticos y su uso debe evitarse en la proximidad a la tubería.

6.4.2 *Soportes móviles para paredes de zanja* - No se debe alterar la tubería instalada y su recubrimiento cuando se usen ademes móviles. Los soportes móviles no deben ser usados por debajo de la parte superior del tubo a menos que se utilicen métodos adecuados para mantener la integridad del material de

recubrimiento. Antes de remover el soporte se debe colocar y compactar el recubrimiento hasta una profundidad suficiente como para asegurar la protección de la tubería. Una vez retirados los ademes se debe finalizar la colocación y compactación del recubrimiento.

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

6.5 *Rocas o material rígido en el fondo de la zanja* - Si se encontrara en el fondo de la zanja, esquistos u otros tipos de materiales no removibles, guijarros, escombros o restos, pedruscos o piedras mayores a 40 mm excavar una profundidad mínima de 150 mm por debajo del fondo de la tubería y sustituir con material apropiado para el encamado, (ver 7.2.1).

7. Instalación

7.1 *Generalidades* - Las recomendaciones para el uso de varios tipos de materiales clasificados en la Sección 5 y Tabla 1 para cimentación, encamado, acostillados y rellenos, se dan en la Tabla 2.

NOTA 7: La instalación de tuberías en áreas donde se prevean asentamientos importantes tales como rellenos adyacentes a cimentaciones de edificios y rellenos sanitarios u otros suelos altamente inestables requieren de procedimientos de ingeniería especiales que están fuera de los alcances de esta norma.

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

7.2.1 *Rocas y materiales rígidos de difícil remoción* - Cuando se encuentren rocas y materiales de difícil remoción en el fondo de la zanja, se debe instalar un encamado con un espesor mínimo de 150 mm debajo del fondo del tubo.

7.2.2 *Fondo de zanja inestable* - Donde el fondo de la zanja sea inestable o presente una tendencia a la inestabilidad, se debe excavar a una profundidad de acuerdo a lo indicado por el ingeniero y reemplazar por una cimentación de material Clase IA, Clase IB o Clase II. Use un material graduado adecuado donde las condiciones existentes puedan causar migración de partículas finas o pérdida del soporte de la tubería, (ver anexo X.1.8). Se debe colocar y compactar el material de cimentación de acuerdo con la Tabla 2. Para condiciones severas el ingeniero puede requerir de una cimentación especial, tales como uso de pilotes, tablestacas. Se puede lograr controlar los fondos inestables de zanjas mediante el uso de los geotextiles apropiados.

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

7.2.4 *Sobre-excavación* - Si el fondo de la zanja es sobre-

excavado por debajo de la pendiente proyectada, se debe rellenar la sobre-excavación con material compatible con los cimientos o el encamado y se debe compactar a una densidad no menor que la mínima densidad dada en la Tabla 2.

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

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

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

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

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

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

7.5 *Colocación y compactación del relleno en la tubería* - Se debe colocar el material del recubrimiento usando métodos que no afecten o dañen la tubería. Se debe colocar y apisonar el material del acostillado en el área entre el encamado y la parte inferior del tubo antes de colocar y compactar el resto del recubrimiento en la zona del tubo. Siga las recomendaciones de compactación dadas en la Tabla 2. No se debe permitir que el equipo de compactación toque o dañe la tubería. Se deben usar técnicas y equipo que sean compatibles con los materiales usados y su distribución dentro

de la zanja, (ver anexo X.1.7). Antes de usar un equipo pesado de compactación o construcción directamente sobre la tubería, colocar suficiente material de relleno para prevenir un daño, deflexión excesiva o cualquier otra perturbación a la tubería. Ver apartado 7.6 para el espesor mínimo de la capa de relleno.

7.5.1 *Densidad mínima* - La densidad mínima del relleno debe ser establecida y corroborada por el ingeniero basado en evaluaciones de las condiciones específicas del proyecto, así como en la clasificación de suelos. Densidades más altas o bajas que las presentadas en la tabla 2 pueden ser apropiadas también (ver X.1.6.2), En ausencia de esta evaluación las densidades mínimas dadas en la Tabla 2 proveen una rigidez satisfactoria en el recubrimiento para diferentes condiciones de instalación, con las cuales se espera lograr un módulo promedio de reacción del suelo (E') de 1000 psi.

7.5.2 *Consolidación hidráulica* - La consolidación hidráulica de materiales no cohesivos debe hacerse bajo condiciones controladas y cuando lo apruebe el ingeniero. En todo momento se debe cumplir con el espesor de las capas a consolidar y las densidades mínimas dadas en la Tabla 2.

7.6 *Cobertura mínima* - Para no perturbar la tubería ni el recubrimiento de la misma, el espesor mínimo de recubrimiento sobre el tubo debe mantenerse, antes de permitir el paso de vehículos y equipo de construcción pesado sobre la zanja. La profundidad mínima de la cobertura debe ser establecida por el ingeniero basada en una evaluación específica de las condiciones del proyecto. En ausencia de esta evaluación deben emplearse los siguientes requerimientos mínimos de cobertura: para materiales de relleno Clase IA y Clase IB instalados a la densidad mínima dada en la Tabla 2, se debe proveer una cobertura (espesor de la capa de relleno sobre la tubería) de al menos 600 mm o el equivalente a un diámetro de tubo, lo que sea mayor, y una cubierta de al menos 36" (0.9m) o un diámetro del tubo (el que sea mayor) para materiales clase II, III y IVA de relleno, antes de permitir el tráfico de vehículos o equipo de construcción sobre la superficie de la zanja, y una cubierta de al menos 48" (1.2m) antes de utilizar un martillo hidráulico para compactación. No utilice compactadores del tipo martillo hidráulico a menos que lo apruebe el ingeniero. En donde se presenten cargas de construcción excesivas (por ejemplo grúas, equipo de movimiento de tierras, etc) la cubierta mínima se deberá incrementar de acuerdo a lo indicado por el ingeniero.

7.7 *Conexiones en «chimenea»* - Se debe proveer soporte a este tipo de tuberías que comúnmente se encuentran en las conexiones de servicio, bocas de limpieza y pozos de visita, para

evitar el movimiento vertical o lateral. Se debe prevenir la transferencia directa del empuje provocado por las cargas superficiales y asentamientos, y asegurar un soporte adecuado en los puntos de conexión a las líneas principales de tubería.

7.8 *Exposición del Tubo Para Hacer Conexiones a Línea de Servicio* - Cuando se excava para hacer una conexión a una línea de servicios, se debe remover primero el material que se encuentra sobre la corona del tubo principal existente, antes de remover el material de los costados. Los materiales y la densidad del recubrimiento de las líneas de servicio (previstas), deben cumplir con las especificaciones de las líneas existentes o con las de esta norma, las que sean más estrictas.

NOTA 8 – Se requieren técnicas y consideraciones especiales de construcción cuando se instala más de un tubo en la misma zanja o en las zanjas adyacentes, para asegurar que se mantenga la integridad del relleno.

7.9 *Tapas y tapones de tubería* - Asegure las tapas y tapones al tubo para evitar su movimiento que resultaría en fugas bajo presiones de prueba y de servicio.

7.10 *Conexiones a pozos de registro* - Se deben usar empaques, conexiones elásticas u otros sistemas flexibles, aprobados por el ingeniero, para que las conexiones sean herméticas en los pozos de registro y otras estructuras.

7.11 *Controles de campo* - El cumplimiento del contrato referente a la instalación de la tubería, incluyendo la profundidad y ancho de la zanja, pendiente, las condiciones del agua, cimentaciones, los encamados, los recubrimientos y materiales de relleno, uniones, densidad de los materiales en el sitio y normas de seguridad, deben ser revisadas por el ingeniero con una frecuencia apropiada según los requerimientos del proyecto. Las especificaciones para pruebas de estanqueidad, aunque no están dentro del alcance de esta norma, deben formar parte de las especificaciones para la instalación de tuberías termoplásticas, cuando sean aplicables.

8 Inspección, Manejo y Almacenamiento

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

8.2 *Manejo y almacenamiento* - Se debe manejar y almacenar las tuberías y acoples de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

APÉNDICE

(Información no obligatoria)

XI. COMENTARIOS

X.1.1 Todos aquellos relacionados con el desempeño de servicio de un tubo flexible enterrado deben entender los factores que pueden afectar este desempeño. De acuerdo a lo anterior, en este apéndice se encuentran consideraciones clave en el diseño e instalación satisfactoria de tubería flexible termoplástica que proporcionan la base para el desarrollo de esta práctica.

X.1.2 *Generalidades* - Las condiciones subterráneas deben investigarse adecuadamente, antes de la construcción, de acuerdo con la norma ASTM D420, para establecer los requerimientos de los materiales usados en cimentaciones, encamados y rellenos, así como los métodos de construcción. El tipo de tubería seleccionada debe estar de acuerdo con las condiciones de la obra.

X.1.3 *Desempeño carga/deflexión* - Las tuberías termoplásticas se consideran como conductos flexibles ya que al soportar cargas se deforman (deflectan) para lograr el soporte que provee el recubrimiento. La interacción suelo-tubo provee una estructura capaz de soportar los rellenos de suelo y las cargas vivas de magnitud considerable. El diseño, las especificaciones y la construcción del sistema suelo-tubo deben tomar en cuenta que los materiales escogidos para el recubrimiento deben ser seleccionados, colocados y compactados de modo que el sistema suelo-tubo actúe conjuntamente para transmitir las cargas aplicadas sin deformaciones excesivas causadas por deflexiones o distorsiones concentradas de la pared de la tubería.

X.1.4 *Deflexiones en la tubería* - La deflexión de la tubería es el cambio en el diámetro del sistema suelo-tubo como resultado de los procesos de instalación de la tubería (deflexiones durante la construcción), efectos de las cargas estáticas y cargas vivas aplicadas al tubo (deflexiones inducidas por la carga), y respuesta del suelo a lo largo del tiempo (deflexiones tardías). Las deflexiones inducidas de construcción y de las cargas constituyen la deflexión inicial de la tubería. Deflexiones adicionales dependientes del tiempo son atribuidas principalmente a cambios en el recubrimiento y en el suelo del sitio y a los asentamientos de la zanja. La suma de la deflexión inicial y de las dependientes del tiempo constituyen la deflexión total.

X.1.4.1 *Deflexiones debidas al proceso constructivo*

Estas deflexiones son inducidas durante el proceso de instalación y el recubrimiento de la tubería flexible aun antes de que se apliquen cargas significativas de el suelo y la superficie. La magnitud de las deflexiones de construcción dependen en gran medida del método de compactación de los materiales y del tipo de recubrimiento, de las condiciones de agua en la zanja, de la rigidez de la tubería, de la uniformidad del soporte del recubrimiento, de la redondez de la tubería y de la mano de obra utilizada en la instalación. Estas deflexiones pueden ser mayores que las producidas por las cargas subsecuentes. La compactación del relleno lateral puede dar como resultado una deflexión vertical negativa (que es un incremento en el diámetro vertical y una disminución en el diámetro horizontal de la tubería). La Práctica D 3839 proporciona los límites permitidos para la deflexión constructiva.

X.1.4.2 *Deflexiones inducidas por cargas*

Son el resultado de cargas de relleno y otras cargas sobrepuestas aplicadas después de que la tubería ha sido recubierta. La “fórmula de Iowa”, atribuida a Spangler y otros métodos han sido utilizados para calcular las deflexiones resultantes de éstas cargas.

X.1.4.3 *Deflexión Inicial*

Es la deflexión en el tubo ya instalado y cubierto. Es el total de las deflexiones de construcción y las inducidas por las cargas.

X.1.4.4 *Factores dependientes del tiempo*

Estos factores incluyen cambios en la rigidez del suelo en la zona del recubrimiento de la tubería y del suelo nativo adyacente a la zanja, así como los cambios de carga generados por asentamientos en la trinchera (consolidación) a través del tiempo. Estos cambios comúnmente se suman a las deflexiones iniciales. Este tiempo puede variar de unos días a muchos años dependiendo

del tipo de suelo, su colocación y la compactación inicial. Los factores que dependen del tiempo son comúnmente considerados mediante el ajuste de las deflexiones inducidas por la carga por un factor de deflexión tardía. El factor de deflexión tardía es la proporción de la deflexión final de carga inducida entre la deflexión inicial de carga inducida. La selección de este factor se cubre en la Práctica D 3839.

X.1.4.5 *Deflexión final*

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

X.1.5 *Criterios de deflexión* - Estos criterios son a menudo usados como límites de diseño y aceptación de la instalación de tubería flexible enterrada. Los límites de deflexión para sistemas de tuberías específicos pueden derivarse de consideraciones estructurales y prácticas. Las consideraciones estructurales incluyen fisuras en la tuberías, fluencia, resistencia, deformación y distorsiones locales. Las consideraciones prácticas incluyen factores tales como requerimientos de flujo, facilidades para la inspección, la limpieza y el mantenimiento del sello de las uniones. Los límites de deflexión inicial y final deben basarse en las propiedades estructurales disponibles con la aplicación de factores adecuados de seguridad.

NOTA X.1.1 – Algunas especificaciones para tubos termoplásticos como D 3034, F 679, F 714 y F949, proporcionan los límites recomendados para las deflexiones instaladas.

Nota X.1.2 Las deflexiones no son necesariamente indicadores de niveles de deformación provenientes de distorsiones locales causadas por falta de uniformidad en la rigidez del recubrimiento o por cargas concentradas. Cuando las distorsiones locales son significativas, el ingeniero necesita establecer los métodos para el control y monitoreo para los niveles de distorsión.

X.1.6 *Control de deflexión* - Los materiales para el recubrimiento deben ser seleccionados, instalados y compactados para minimizar la deflexión total y para mantener, bajo cualquier circunstancia las deflexiones en la instalación dentro de los límites especificados. Los métodos de instalación, compactación y control de humedad deben ser seleccionados con base en los tipos de suelo clasificados en la Tabla 1 y en las recomendaciones de la Tabla 2. La deflexión total inducida por la carga es principalmente una función de la rigidez de la tubería y del sistema de recubrimiento del suelo. Otros factores importantes para el control de deflexiones se describen a continuación.

X.1.6.1 *Relleno del Acostillado del tubo* - La ausencia de una adecuada compactación del material de recubrimiento en la zona del acostillado puede resultar en una considerable deflexión, puesto que este material es el que soporta la carga vertical aplicada a la tubería. Un objetivo clave para la instalación de la tubería termoplástica flexible (o cualquier otro tipo de tubería), es trabajar en la compactación del material bajo la zona rinconera de la tubería para asegurar un contacto completo con el fondo de la tubería y para rellenar los vacíos debajo de la misma.

X.1.6.2 *Densidad del relleno* - Los requisitos de la densidad de recubrimiento deben ser determinados por el ingeniero con base en los límites de deflexión establecidos para la tubería, la rigidez de la misma y el control de calidad de la instalación, así como también las características del suelo in-situ y la compactabilidad de los materiales de relleno usados. Las densidades mínimas dadas

en la Tabla 2 están basadas en un módulo promedio de reacción del suelo (E') de 1000 psi, de acuerdo a la Tabla 6 de la Práctica D 3839, que relaciona la rigidez del suelo con los tipos y grados de compactación del mismo. Para instalaciones particulares, el ingeniero a cargo del proyecto debe verificar que la densidad especificada cumpla con los requisitos de desempeño.

X.1.7 Métodos de compactación - Lograr la densidad deseada para un material específico depende de los métodos usados para aplicar la energía de compactación. Material limpio y granulado como piedra triturada, grava y arena son más fáciles de compactar mediante equipo vibratorio que otros materiales. Mientras que material fino, con alta plasticidad, requiere de un mayor apisonamiento (fuerza de impacto) y un contenido de agua controlado para lograr las densidades requeridas (ver 5.4). En la instalación en zanjas, se recomienda el uso de: apisonadoras manuales (brincones) o planchas compactadoras, no solo para prevenir daños en la tubería, si no también, para asegurar la compactación completa en áreas cercanas a la tubería o a lo largo de las paredes de la zanja. Por ejemplo, apisonadoras de planchas vibratorias trabajan bien con material granular de Clase I y II, mientras que las apisonadoras manuales (brincones) y neumáticas son convenientes para materiales finos plásticos de los grupos Clase III y IVA. Rodillos vibratorios pequeños o apisonadoras manuales (brincones) proveen vibración y apisonamiento o fuerza de impacto y por lo tanto son útiles para muchas clases de materiales de recubrimiento y relleno.

X.1.8 Migración - Cuando se coloca material granular y de granulometría abierta junto a material fino, este último puede migrar dentro del material granular debido al gradiente hidráulico del flujo de agua subterránea. Gradientes hidráulicos significativos pueden presentarse durante la excavación de una trinchera cuando los niveles de agua están siendo controlados por métodos de bombeo o pozos, o después de la construcción cuando subdrenes permeables o los materiales de recubrimiento actúan como un drenaje «francés» bajo la acción de niveles altos de aguas subterráneas. La experiencia de campo muestra que la migración puede generar en una pérdida significativa de soporte para la tubería y la continua deflexión puede exceder los límites de diseño. La graduación y el tamaño relativo del recubrimiento y el material adyacente deben ser compatibles para minimizar la migración (ver X.1.8.1). En general, cuando se prevean flujos de agua subterránea importantes, debe evitarse el colocar material granular y de granulometría abierta como los de la Clase IA por encima, debajo o adyacente a materiales finos, a menos que se empleen métodos para impedir la migración como filtros de piedra o filtros de geotextil a lo largo de las fronteras de los materiales incompatibles. Para evitar la pérdida de soporte de la tubería a causa de migración de partículas finas provenientes de las paredes de la zanja dentro de los materiales de relleno de granulometría abierta, es suficiente seguir las especificaciones mínimas de anchura del relleno en X.1.10.

X.1.8.1 Los siguientes criterios de graduación deben ser utilizados para restringir la migración de partículas finas hacia los vacíos del material granular bajo el gradiente hidráulico:

X.1.8.1.1 $D_{15}/d_{85} < 5$, donde D_{15} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15 % del peso del material más grueso y d_{85} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el

paso del 85% del peso de material más fino.

X.1.8.1.2 $D_{50}/d_{50} < 25$, donde D_{50} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50 % del peso del material más grueso y d_{50} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50% del peso de material más fino. Este criterio no necesita ser aplicado si el material más grueso esta bien graduado (ver Método de Prueba D2487).

X.1.8.1.3 Si el material más fino es una arcilla con plasticidad de media a alta sin arena o limo (CL o CH), los siguientes criterios pueden ser usados en lugar de X.1.8.1.1: $D_{15} < 0,5$ mm donde D_{15} es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15% del peso del material más grueso.

NOTA X.3 Los materiales seleccionados para usarse basados en los criterios de graduación de los filtros, como en X.1.8.1, deben ser manejados y colocados en forma que minimicen la segregación.

X.1.9 Tamaño máximo de la partícula - Limitando el tamaño de partícula del material del relleno a $3/4"$ (20 mm) o menos, mejora la colocación de este material para tuberías de tamaño nominal de 200 mm hasta 380 mm. Para tubería más pequeñas el tamaño de partícula debe ser aproximadamente un 10% del diámetro nominal de la tubería

X.1.10 Ancho del relleno para un soporte adecuado - En ciertas condiciones, un ancho mínimo de material del relleno es requerido para asegurar que la adecuada rigidez del mismo se desarrolla para soportar la tubería. Estas condiciones se presentan donde la resistencia lateral del suelo in-situ es insignificante, tal como un suelo in-situ muy pobre (por ejemplo suelo orgánico, suelo saturado o material altamente expansivo) o lo largo de terraplenes en carreteras. Bajo estas condiciones y para una tubería de diámetro pequeño 300 mm o menos, el recubrimiento debe ser colocado y compactado hasta un punto de al menos 2.5 diámetros de tubería para cada lado de la misma. Para tubería mayor de 300 mm, el ingeniero debe establecer el ancho mínimo del recubrimiento basado en una evaluación de parámetros como rigidez de la tubería y rigidez del recubrimiento, la naturaleza del suelo in-situ y la magnitud de las cargas de servicio y de construcción.

X.1.11 Grumos, terrones y cantos rodados - El material de relleno debe estar libre de grumos, terrones, cantos, materia congelada y escombros. La presencia de estos materiales en el recubrimiento puede impedir una compactación uniforme y dar como resultado deflexiones excesivas localizadas.

X.1.12 Otros criterios de diseño y construcción - El diseño y la construcción de sistemas de tubería debe considerar condiciones que puedan inducir a excesivos esfuerzos de cortante, flexión longitudinal o compresión por carga en la tubería. Cargas vivas aplicadas por equipo de construcción y tráfico permanente puede resultar en una deflexión grande y acumulada de la tubería si ésta es instalada con un recubrimiento de baja densidad y una cubierta poco profunda. Otras fuentes de carga sobre la tubería enterrada son: congelamiento y descongelamiento del suelo cercano, niveles freáticos fluctuantes, presiones hidrostáticas debidas a aguas subterráneas y cargas concentradas por asentamientos diferenciales; tales como: pozos de visita o cimientos de edificios. Donde se asume que existen cargas externas excesivas la tubería debe ser instalada dentro de estructuras más rígidas que limiten la carga sobre ésta.

X.1.13 *Pruebas de deflexión* - Para asegurar que los límites especificados de deflexión no sean excedidos, el ingeniero puede solicitar pruebas de deflexión de la tubería usando aparatos de medición. Las pruebas de deflexión se deben realizar, como mínimo, 30 días después de la instalación para permitir que la estabilidad del sistema tubería-suelo, se haya alcanzado. Sin embargo, como una medida de control de calidad, verificaciones periódicas de deflexión pueden ser hechas durante la instalación.

X.1.13.1 Entre las opciones de aparatos para las pruebas de deflexión se encuentran deflectómetros electrónicos, televisores calibrados o cámaras de video, o un calibrador apropiado «pasa, no pasa». Las mediciones de la deflexión pueden ser hechas directamente con reglas de extensión o cintas de medición en aquellos tramos que permitan un acceso seguro en las tuberías. Para asegurar la precisión en las mediciones, se deben limpiar las líneas antes de hacer las pruebas.

X2. RECOMENDACIONES PARA INCORPORACIÓN EN EL CONTRATO

X2.1 Esta práctica pudiera incorporarse, por referencia, en los documentos del contrato para un proyecto específico para cubrir los requisitos de instalación de tubos flexibles termoplásticos en drenajes sanitarios y otras aplicaciones de flujo por gravedad. La aplicación a un proyecto particular debe hacerse por medio de una lista de requisitos suplementarios. Las modificaciones sugeridas para secciones específicas se enlistan enseguida (la lista está referenciada con los números de sección aplicables de esta práctica):

X2.2. *Secciones 5.1, 5.2, y Tabla 2* – Más restricciones en el uso de Clases de materiales para encamado y relleno.

X2.3 *Sección 5* – Graduaciones específicas de materiales de relleno para resistencia a la migración.

X2.4 *Sección 5.5* – Tamaño máximo de partícula, si difiere de la Tabla 1.

X2.5 *Sección 6.2* – Restricciones en el modo de desecación; diseño de subdrenes.

X2.6 *Sección 6.3* – Requisitos en ancho mínimo de zanja.

X2.7 *Sección 6.4* - Restricciones o detalles para el soporte de las paredes de las zanjas.

X2.8 *Sección 7.5* - Restricciones específicas sobre métodos de compactación.

X2.9 *Sección 7.5.1 y Tabla 2* – Densidad mínima del relleno si difiere de estas recomendaciones: requisitos de densidad específica para relleno (por ejemplo, para subrasantes de pavimento).

X2.10 *Sección 7.6* - Requisitos mínimos de cobertura si difieren de éste párrafo.

X2.11 *Sección 7.7* - Requisitos detallados para soporte de ascendentes verticales, bastidores de tubos y rimeros para tolerar los movimientos relativos previstos entre el tubo y dichos aditamentos. Detallado la forma para acomodar los movimientos térmicos, particularmente en los ascendentes.

X2.12 *Sección 7.10* – Requisitos detallados para conexiones de registros.

X2.13 *Sección 7.11* - Requisitos sobre métodos de prueba, compactación y fugas.

X2.14 *Sección X1.13* - Requisitos sobre deflexión y medición de deflexión, incluyendo el método y tiempo de prueba.

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales no toma posición respecto a la validez de cualquier derecho de patente sostenida en conexión con cualquier objeto mencionado en esta norma. Los usuarios de esta norma son advertidos expresamente que la determinación de la validez de tal derecho de patente, y el riesgo de infracción de dicho derecho, es completamente a su propia responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe revisarse cada cinco años, y de no ser revisada puede ser reprobada o rechazada. Son bienvenidos sus comentarios, ya sea para revisión de la norma o para otras normas y deben dirigirse a las oficinas de ASTM. Sus comentarios recibirán consideración cuidadosa en una junta del comité técnico responsable, a la cual usted puede asistir. Si siente que sus comentarios no han recibido la atención justa, haga llegar su apreciación al Comité de Normas ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

Los derechos de autor de esta norma son propiedad de ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Estados Unidos. Reimpresiones individuales (copias únicas o múltiples) de esta norma pueden ser obtenidas al contactar a ASTM en la dirección arriba mencionada o al teléfono 610-832-9585, 610-832-9555 (fax), o service@astm.org (correo electrónico); o a través de la página web de la ASTM (www.astm.org).