



NOVAFORT[®]

Manual Técnico

*Sistema de
alcantarillado hermético
de alta ingeniería*



Garantía de Calidad Amanco

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	3
2. GENERALIDADES	4
2.1 USOS	
2.2 CARACTERÍSTICAS	
2.2.1 Características generales del Sistema Novafort.	
2.2.2 Características particulares del Sistema Novafort.	
2.3 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	
2.4 VENTAJAS	
3. ESPECIFICACIONES	6
3.1 NORMATIVIDAD	
3.2 DIMENSIONES BÁSICAS	
3.2.1 Tubos	
3.2.2 Conexiones disponibles, medidas y usos.	
4. SISTEMA DE UNIÓN	9
5. HIDRÁULICA	10
5.1 CRITERIOS DE DISEÑO	
5.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	
5.3 VELOCIDADES RECOMENDADAS	
5.4 DETERMINACIÓN DE CAUDAL	
5.4.1 Ejemplo	
6. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	16
6.1 TEORÍA DE FLEXIBILIDAD	
6.1.1 Rigidez del tubo	
6.1.2 Módulo de reacción del suelo E'	
6.1.3 Cargas externas	
6.2 DEFLEXIONES	
6.2.1 Ejemplo	

7. TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO EN OBRA	22
<ul style="list-style-type: none"> 7.1 TRANSPORTE 7.2 CARGA Y DESCARGA 7.3 MANEJO DE LOS TUBOS 7.4 ALMACENAMIENTO EN OBRA 7.5 ALMACENAMIENTO A LA INTEMPERIE 7.6 IDENTIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE MATERIALES 	
8. INSTALACIÓN DE TUBOS NOVAFORT	25
<ul style="list-style-type: none"> 8.1 ZANJA <ul style="list-style-type: none"> 8.1.1 Excavación y dimensiones 8.1.2 Forma de la zanja 8.2 CAMA DE APOYO O BASE 8.3 COLOCACIÓN DE TUBOS NOVAFORT 8.4 RELLENO Y COMPACTACIÓN 	
9. DESCARGAS DOMICILIARIAS Y UNIÓN A POZOS DE VISITA	29
<ul style="list-style-type: none"> 9.1 INSTALACIÓN DE DESCARGAS DOMICILIARIAS <ul style="list-style-type: none"> 9.1.1 Criterios de selección 9.1.2 Procedimientos de instalación 9.2 UNIÓN DE TUBOS NOVAFORT A POZOS DE VISITA 	
10. PRUEBAS DE HERMETICIDAD EN CAMPO	33
<ul style="list-style-type: none"> 10.1 PRUEBA HIDROSTÁTICA 10.2 PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN <ul style="list-style-type: none"> 10.2.1 Ejemplos 10.3 PRUEBA DE HERMETICIDAD EN POZOS DE VISITA 	
11. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	39
<ul style="list-style-type: none"> 11.1 DESAZOLVE CON EQUIPO DE PRESIÓN - VACÍO 11.2 INSPECCIÓN CON CÁMARA DE VIDEO 	
12. TABLAS DE FACTORES DE CONVERSIÓN	41



NOVAFORT®

Sistema de alcantarillado hermético de alta ingeniería

1. PRESENTACIÓN

En 1996 Amanco tomó la decisión de invertir para la fabricación en México de la primer tubería estructurada para alcantarillado hermético; de diseño holandés, conocida en el mercado nacional como Novahol.

Como Empresa pionera y de la mano con las autoridades en materia del agua, hemos ofrecido soluciones y sistemas cada vez más completos y novedosos.

Hoy la innovación, junto con la integridad, soluciones y confianza es uno de nuestros atributos básicos que respaldan nuestra marca, gracias a ello y a la respuesta recibida de nuestros clientes, ingenieros especialistas en hidráulica, constructores y proyectistas, hemos invertido nuevamente en la tecnología más especializada, que ofrece la mejor solución técnico-económica: **Novafort**, serie métrica.

Como Grupo Latinoamericano tenemos más de quince años de experiencia en la fabricación de Novafort en los mercados más exigentes de Latinoamérica y más de seis años de fabricarlo y comercializarlo en México.

En Amanco, somos más de 6,000 personas con una visión común y filosofía de gestión enfocada a satisfacer a nuestros clientes, integrando nuevas tecnologías y procesos

a nuestros tubosistemas, como lo es el de Alcantarillado Hermético de nuestra serie NOVA.

Novafort ha sido diseñado con una mayor rigidez para lograr un mejor desempeño mecánico durante la construcción de instalaciones enterradas de poca o gran profundidad.

La lisura de sus paredes internas, y el área efectiva de conducción dan como resultado diseños hidráulicos óptimos.

Si además consideramos la alta resistencia química y a la abrasión, su rápido y fácil sistema de unión de hermeticidad absoluta, y la interconexión a pozos de visita, registros y conexiones, podemos asegurar que los sistemas de alcantarillado hermético construidos exitosamente con **Novafort** serán económicos, confiables y de larga vida útil.

Sin lugar a dudas, la alta ingeniería en el diseño y la gran experiencia en la fabricación de **Novafort** lo convierten en el perfecto producto para su obra.

Siempre bajo el respaldo de Amanco, más innovación en tuberías.

2. GENERALIDADES

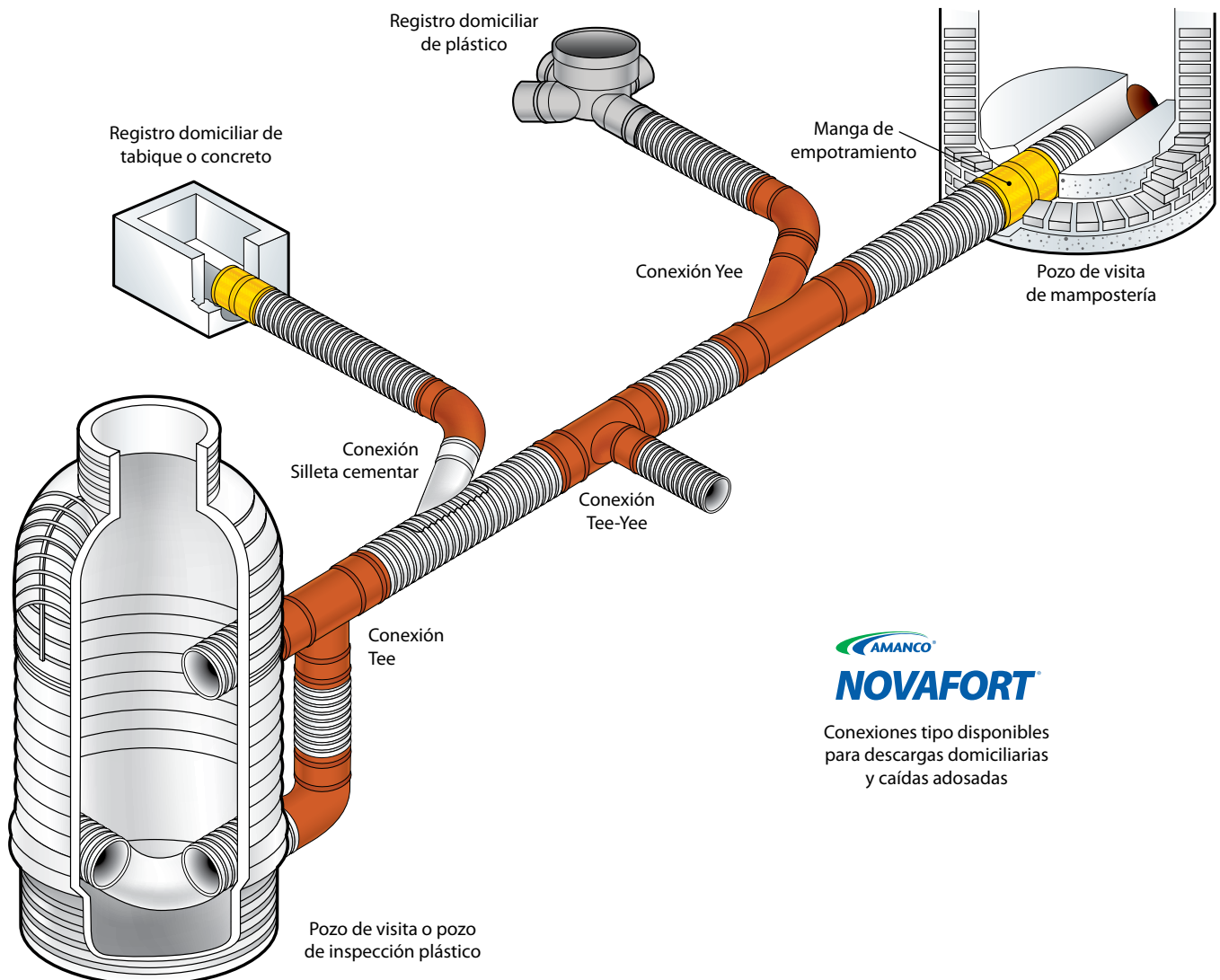
2.1 USOS

El Sistema **Novafort**, formado por tubos de doble pared estructurada anularmente en exterior y lisa en interior, conexiones métricas de pared sólida y pozos de visita de materiales plásticos, ha sido creado para utilizarse en sistemas de alcantarillado hermético ya sea sanitario, pluvial o combinado. La unión a los tradicionales pozos de visita de tabique y mezcla de cemento-arena se realiza con mangas de empotramiento. Ver figura 2.1.

En general su uso se extiende a cualquier sistema de tubería que transporte fluidos a superficie libre (como canal), por ejemplo: en conducciones de agua para riego.

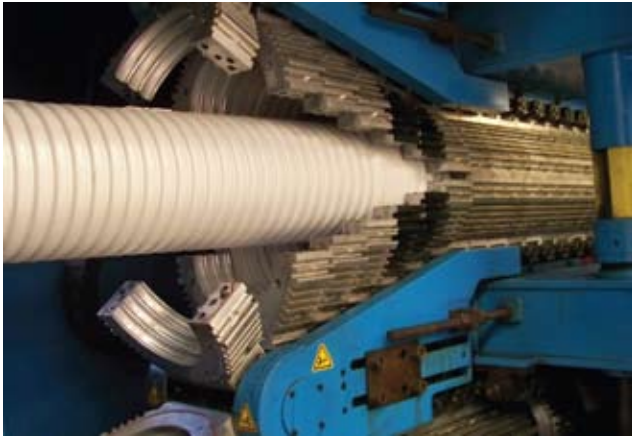


FIGURA 2.1
SISTEMA NOVAFORT PARA ALCANTARILLADO HERMÉTICO



AMANCO
NOVAFORT

Conexiones tipo disponibles
para descargas domiciliarias
y caídas adosadas



Proceso de fabricación de la tubería **Novafort**

2.2 CARACTERÍSTICAS

2.2.1 Características generales del Sistema Novafort.

- La superficie lisa de sus paredes internas permite una mayor capacidad hidráulica con relación a otros materiales y tecnologías. Su coeficiente de *Manning* es de 0.009 lo que también disminuye significativamente la aparición de incrustaciones y tuberculización.
- Buena resistencia al impacto, que permite que el tubo no se dañe durante el transporte, almacenamiento o instalación.
- Gran resistencia química ante los efluentes, la acción del suelo circundante y una total inercia química al sulfuro de hidrógeno activo.
- Resistencia a la corrosión química y electroquímica, por estar fabricado con material inerte y no conductor.
- Resistencia a la abrasión gracias a la lisura de sus paredes internas que disminuye considerablemente el desgaste generado por los sólidos en suspensión contenidos en los fluidos transportados.
- Las uniones con anillo de hule hacen posible que el sistema tenga flexibilidad y por ende, un buen comportamiento ante asentamientos diferenciales, movimientos telúricos y contracciones o dilataciones por cambios de temperatura.

2.2.2 Características particulares del Sistema Novafort.

- Excelente comportamiento mecánico gracias al diseño óptimo de su doble pared estructurada (interior lisa, exterior corrugada) que le permite aumentar considerablemente sus propiedades mecánicas. En todos los diámetros la rigidez mínima es 25% superior a la de tubos de pared compacta serie 20.
- El diseño hermético del sistema de unión entre tramos de tubos, conexiones y accesorios evita infiltraciones y exfiltraciones, haciéndolo un sistema estanco que supera las especificaciones nacionales e internacionales.

- les.
- Mayor facilidad de manejo y rapidez de instalación por ser más liviana que las tuberías convencionales de pared compacta.
- Interconexión directa con los sistemas de tuberías métricas de norma que se fabrican en el país.
- Diámetros creados para un diseño hidráulico óptimo gracias a su pared interior lisa y el espesor total de su pared estructurada que es menor al requerido en otros materiales.
- Además de las conexiones necesarias para una red de alcantarillado, el sistema Novafort contempla la interconexión con elementos estructurales plásticos como registros domiciliarios, pozos de inspección y pozos de visita.

2.3 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

El Instituto Técnico de Darmstadt (RA) ha estudiado el fenómeno de abrasión (entendida como una disminución del espesor de pared), en tubos de diversos materiales utilizados en sistemas de alcantarillado.

El resultado, al igual que otros estudios, demuestra que la resistencia del PVC a la abrasión es muy superior a la del concreto y sus valores son mucho más cerrados (debido al grado de homogeneidad de la materia prima), ver Gráfica 2.1.

La abrasión que se produce en un tubo de PVC sometido a un afluente cargado de partículas abrasivas, durante un periodo de 25 años, no llega a ser mayor de 0.5 milímetros.

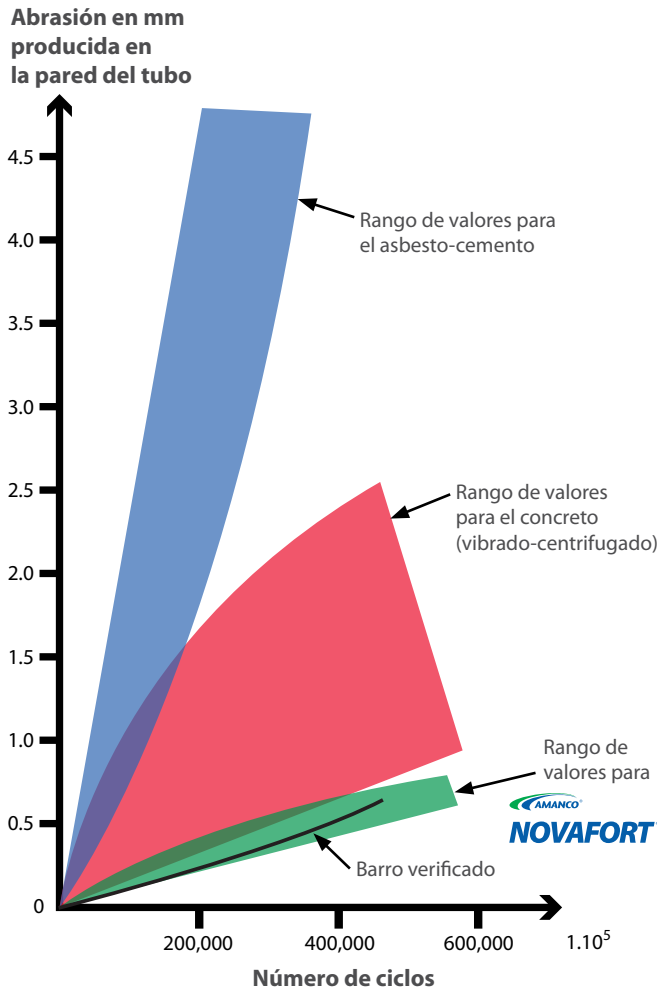
El método de ensayo consiste en someter una muestra de tubos de 315 mm de diámetro y un metro de longitud a un movimiento de rotación lento con una frecuencia de 0.18 Hz; estando la muestra inclinada hacia la derecha o hacia la izquierda.

Esta frecuencia garantiza que la totalidad de las partículas abrasivas atraviesen la totalidad de la longitud de la muestra y corresponde a 21.6 ciclos/minuto, cada ciclo está definido como el movimiento (completo) en una dirección.

La velocidad de circulación es de 0.36 m/s. El fluido utilizado es una mezcla de arena, grava y agua en donde aproximadamente el 46% del volumen es arena 0/30. Las partículas abrasivas son reemplazadas cada 100,000 ciclos. La reducción del espesor de la muestra constituye el valor de la abrasión.

El método proporciona precisión de las medidas, reproducibilidad de los resultados y un gran número de valores comparativos.

GRÁFICA 2.1
ABRASIÓN EN TUBOS PARA ALCANTARILLADO



2.4 VENTAJAS

Por sus características, el Sistema **Novafort** permite:

- Disminuir volúmenes de excavación, de relleno y compactación, así como el número de pozos de visita.
- No contaminar los acuíferos y evitar la intrusión de raíces o de sustancias ajenas al sistema.
- Mayor avance de obra gracias a la longitud de los tubos y su sistema de unión con empaque de material elastomérico.
- Descargas domiciliarias herméticas instantáneamente y a largo plazo al utilizar yeas espiga-campana y/o espiga-casquillo.
- Costos óptimos de transporte, almacenamiento e instalación al no necesitar el uso de equipo mecánico.
- Bajo costo de mantenimiento y larga vida útil.
- Por ser serie métrica, el sistema **Novafort** puede interconectarse con tubos y conexiones métricas de redes existentes, con nuestro sistema Novahol y la tradicional tubería métrica de pared compacta de cualquier serie.

3. ESPECIFICACIONES

3.1 NORMATIVIDAD

Los diámetros de diseño para la fabricación del **Novafort** están relacionados con su diámetro interior por lo que de acuerdo al NTC 3722-1 plásticos. Tubos y accesorios de pared estructural para sistemas de drenaje subterráneo y alcantarillado. Especificaciones para PVC rígido. Parte 1. Serie métrica. Pertenecen a la serie DI y a una designación nominal Dn/DI para cada diámetro.

El sistema **Novafort** también cumple con las especificaciones de norma europea ISO 21138-3 *Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured – wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVCU), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system.*

Los tubos **Novafort** pueden ser conectados a conexiones fabricadas bajo normas métricas nacionales, internacionales y extranjeras como la norma mexicana NMX- E-215/2 -vigente- SCFI.- Conexiones de PVC sin plastificante con junta hermética de material elastomérico. serie métrica, empleadas para sistemas de alcantarillado. *Especificaciones.* También con la norma internacional ISO 4435. Tubos y conexiones de Poli(cloruro de vinilo) sin plastificante para sistemas de drenaje y alcantarillado subterráneos. *Especificaciones;* y la norma británica BS EN1401-1:1998 – *Plastics piping systems for non – pressure underground drainage and sewerage – unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) – specifications for pipes, fittings and the system.*

El sistema **Novafort** cumple y supera las especificaciones de hermeticidad contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CNA vigente para sistemas de alcantarillado sanitario.

Los empaques de material elastomérico **Novafort** utilizados en el sistema de unión cumplen con los requerimientos de la norma NMX- T- 021-SCFI vigente, -industria hulera- anillos de hule empleados como empaque en los sistemas de tubería.

3.2 DIMENSIONES BÁSICAS

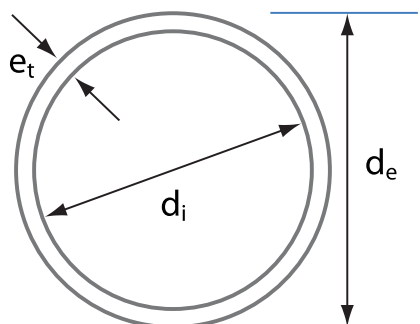
3.2.1 Tubos

Los tubos **Novafort** se fabrican en longitudes totales de seis metros, con un extremo espiga (que incluye el empaque elastomérico) y el otro extremo con casquillo, sus diámetros y espesores totales se muestran en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1
DIMENSIONES BÁSICAS DE LOS TUBOS NOVAFORT, EN mm.



DIMENSIONES BÁSICAS DEL TUBO



Diámetro exterior nominal (d_n)	Diámetro exterior promedio (d_e)	Diámetro interior promedio (d_i)	Espesor total de pared (e_t)
110	108	101	3.5
160	158	146	6.0
200	198	183	7.5
250	248	229	9.5
315	312	289	11.5
400	397	367	15.0
450	492	450	21.0
600	647	588	29.5
750	821	750	35.5
900	984	900	42.0

3.2.2 Conexiones disponibles, medidas y usos.



Tee-yee	Medidas (mm)	Uso
Campana-campana	200x110	Conectar descargas domiciliarias simples o dúplex en redes nuevas o existentes sin caudal.
Derivación-campana	200x160	
	250x160	



Yee	Medidas (mm)	Uso
Campana-campana	110x110	Conectar descargas domiciliarias simples o dúplex en redes nuevas o existentes sin caudal.
Derivación-campana	160x110	
	200x110	
	200x160	
	250x160	
	315x160	
	400x160	



Yee	Medidas (mm)	Uso
Espiga-campana	200x110	Conectar descargas domiciliarias simples o dúplex en redes nuevas o existentes sin caudal.
Campana	250x110	
Derivación-campana	200x160	La yee espiga-campana requiere usar el cople transición. Si el sistema ya esta operando es necesario desviar el agua residual para trabajar en seco.
	250x160	
	315x160	



Silleta cementar 45°

Medidas (mm)

Uso

200x110
200x160
250x160
315x160

Conectar descargas domiciliarias simples o dúplex en redes nuevas o existentes sin caudal. La silleta cementar requiere uso de adhesivo *Nova 350*. Si el sistema ya esta operando es necesario desviar el agua residual para trabajar en seco.



Codo 45°

Medidas (mm)

Uso

Espiga-campana 110
Campana-campana (sólo en 110 mm)

110
160
200

Unido a la yee o silleta, ajusta el tubo de la descarga a la pendiente requerida, con dirección perpendicular a la atarjea y entronque a 45°.



Tee

Medidas (mm)

Uso

Espiga-campana

200x200
250x250
315x315

Proporciona rapidez de instalación y flexibilidad a las caídas adosadas.



Codo 87°

Medidas (mm)

Uso

Espiga-campana

110
160
200
250
315

Se coloca para unir el albañal a 90° por la parte superior del tubo. Facilita la pendiente de la descarga. En caídas adosadas y en cualquier cambio de dirección, ocupa poco espacio.



Cople de unión

Medidas (mm)

Uso

Campana-campana

110
160
200
250
315
400

Se utiliza para unir dos tubos Novafort que no tengan casquillos durante la obra o en reparaciones de la línea.



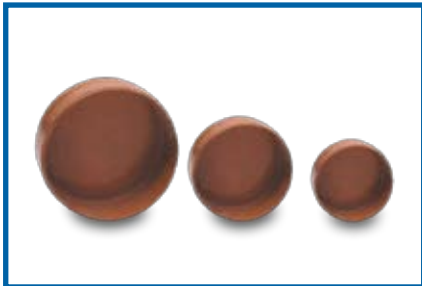
Manga de empotramiento hermético

Medidas (mm)

Uso

110 | 600
160 | 750
200 | 900
250
315
400
450

Se adhiere herméticamente a la mezcla de cemento-arena o al concreto. Puede empotrarse en cualquier dirección, permite que el tubo Novafort se deslice y lo protege de algún movimiento que se presente en el pozo de visita o registro.



Tapón hembra casquillo

Medidas (mm) Uso

110	Para tapar los extremos espiga de los tubos al realizar la prueba de hermeticidad. También para evitar la entrada de agentes ajenos durante la construcción del sistema. Unido a un nipple corto se forma un tapón macho.
160	
200	
250	
315	
400	



Empaque Novafort

Medidas (mm) Uso

110	600	Para realizar uniones herméticas espiga-campana o espiga-casquillo entre tubos Novafort y las conexiones métricas utilizadas.
160	750	
200	900	
250		
315		
400		
450		

4. SISTEMA DE UNIÓN

La hermeticidad y buen comportamiento estructural ante diferentes situaciones como asentamientos diferenciales, pequeñas desviaciones, movimientos sísmicos, contracción o dilatación por cambios de temperatura, se logra a través del sistema de unión espiga-casquillo, con anillo elastomérico.

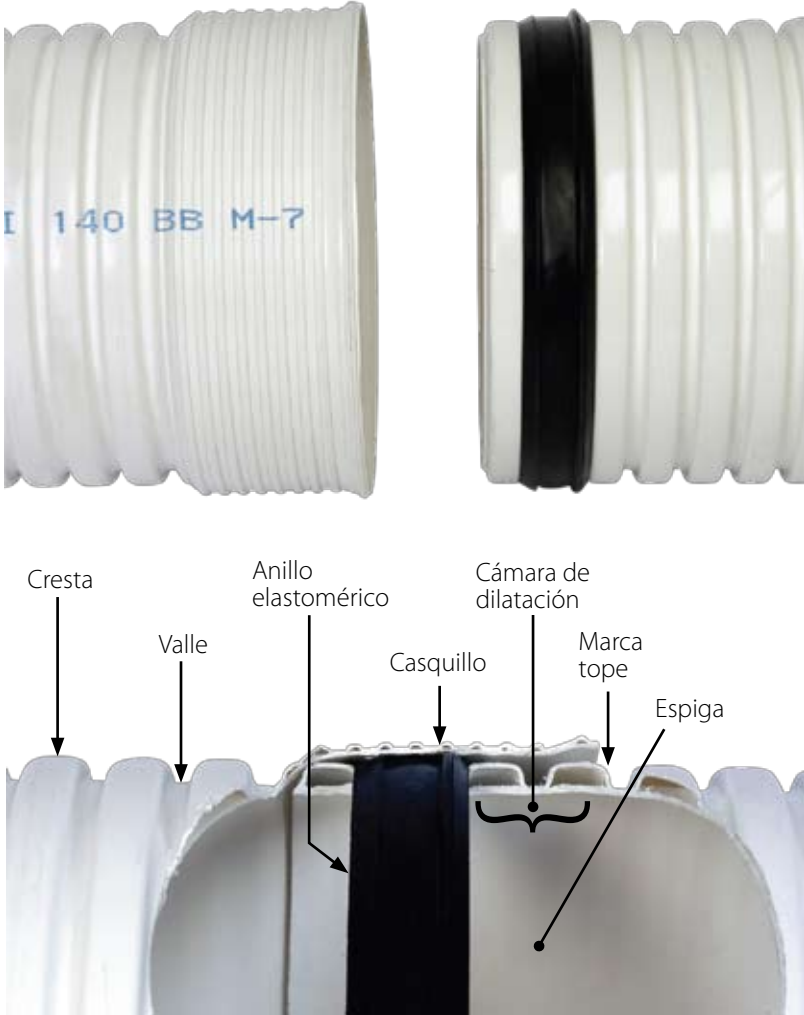
El espacio disponible entre el final de la espiga y el fondo de la unión, que se obtiene al insertar la espiga dentro del casquillo hasta la marca tope, actúa como cámara de dilatación.

El anillo elastomérico **Novafort** es un empaque que va colocado en los dos primeros valles de la espiga del tubo para garantizar un funcionamiento hermético durante toda la vida útil del sistema. Cuando el empaque es sencillo se coloca en el primer valle de la espiga: cuando es doble, tipo sombrilla, se coloca en los dos primeros valles.

El sistema de unión requiere sólo de la posición correcta del empaque y de lubricante para hacer los acoplamientos.

Los cortes en obra son muy sencillos de llevar a cabo y las uniones se realizan sin necesidad de achaflanar las espigas de los tubos.

FIGURA 4.1
SISTEMA DE UNIÓN DE TUBOS NOVAFORT



5. HIDRÁULICA

5.1 CRITERIOS DE DISEÑO

El análisis y la investigación de las características del flujo hidráulico, han permitido que los sistemas de alcantarillado, construidos con tuberías plásticas, puedan ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

La relativamente pequeña concentración de sólidos (600 ppm) usualmente presente en las aguas negras y de tormenta, no es suficiente para hacer que el comportamiento hidráulico difiera al de agua limpia, siempre que se mantengan velocidades mínimas de autolimpieza.

En general, para simplificar el diseño de sistemas de alcantarillado, es aceptable asumir condiciones constantes de flujo; aunque la mayoría de los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionan con caudales variables. Cuando se diseña permitiendo que la altura del flujo en el conducto varíe, sin que la tubería trabaje bajo carga o presión interna, se considera como flujo a superficie libre.

La ecuación de Manning para flujos a superficie libre es la siguiente:

$$Q = \frac{A r^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

donde:

- Q** = caudal o gasto, m³/s
- A** = área hidráulica de la tubería, m²
- r** = radio hidráulico, m; $r = d_i / 4$ para conductos circulares a sección llena y a media sección.
- n** = coeficiente de Manning, $n = 0.009$ para tubería **Novafort**.
- s** = pendiente hidráulica, m/m
- d_i** = diámetro interior del tubo, m; $d_i = d_e - 2e_t$
- d_e** = diámetro exterior del tubo, m;
- e_t** = espesor total del **Novafort**, m

La pendiente hidráulica "s" se obtiene dividiendo la diferencia de altura entre dos puntos respecto a la distancia horizontal o separación entre ellos. Es decir:

$$s = (H1 - H2) / L$$

donde:

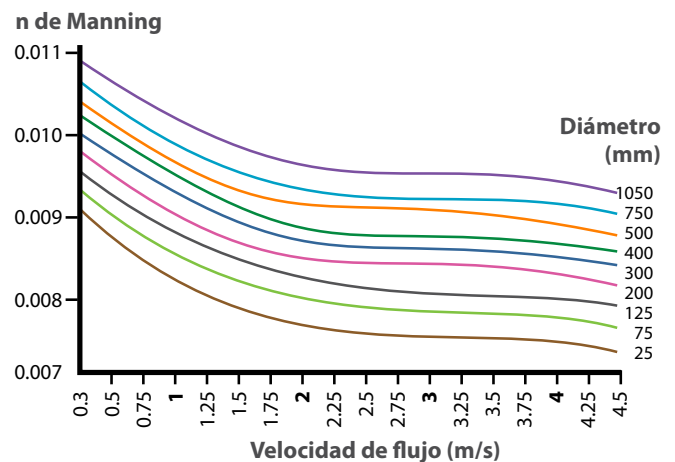
- H1** = elevación aguas arriba, m
- H2** = elevación aguas abajo, m
- L** = longitud horizontal entre puntos, m

5.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El valor de "n" ha sido determinado experimentalmente para los materiales más comunes usados en sistemas de alcantarillado. Su valor puede ser tan bajo como 0.007 en pruebas de laboratorio para tuberías plásticas y utilizando agua limpia, o tan alto como 0.025 en tuberías de acero corrugado bajo condiciones menos favorables.

En la Gráfica 5.1 se presentan los resultados obtenidos por el Ing. Fadi Z. Kamand, miembro de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles ASCE, referente a la variación de la "n" de Manning con respecto a la velocidad del flujo y al diámetro de la tubería de PVC. Al igual que para tuberías de pared compacta, para **Novafort** se recomienda un valor de $n = 0.009$ ya que las pequeñas ondulaciones transversales que se forman por la estructuración no repercuten en el comportamiento del flujo.

GRÁFICA 5.1 VARIACIÓN DE LA "n" DE MANNING EN TUBERÍAS DE PVC



5.3 VELOCIDADES RECOMENDADAS

Es recomendable que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillado no sea menor de 0.60 m/s para proporcionar una acción de autolimpieza, es decir, capacidad de arrastre de partículas en suspensión. En casos especiales podrán emplearse velocidades de 0.40 m/s en tramos iniciales y con bajo caudal.

La velocidad máxima recomendada es de 5.0 m/s. Para velocidades mayores se deben tomar en cuenta consideraciones especiales para la disipación de energía, evitando la erosión de los pozos de visita o de cualquier estructura de concreto.

En el caso de alcantarillado pluvial, bajo estas condiciones deberán instalarse rejillas o construirse estructuras que eviten el ingreso de material rocoso de gran tamaño.

En la Tabla 5.1, se muestran las pendientes hidráulicas y caudales correspondientes a las velocidades mínima y máxima recomendadas, y en la Tabla 5.2 los caudales y velocidades en función de la pendiente hidráulica de la tubería.

TABLA 5.1
CONDICIONES HIDRÁULICAS PARA VELOCIDADES
MÍNIMA Y MÁXIMA DE LA TUBERÍA NOVAFORT

DIMENSIONES				CONDICIONES HIDRÁULICAS (Manning: 0.009)			
Diámetro Nominal mm	Diámetro Exterior mm	Espesor Total mm	Diámetro Interior mm	Pend. mínima vel=0.6 m/s al millar	Gasto mínimo l/s	Pend. máxima vel=0.6 m/s al millar	Gasto máximo l/s
110	108	3.5	101	4.0	4.85	273	40.03
160	158	6.0	146	2.4	10.03	167	83.65
200	198	7.5	183	1.8	15.86	124	131.64
250	248	9.5	229	1.4	25.14	92	203.80
315	312	11.5	289	1.0	39.98	67	327.28
400	397	15.0	367	0.7	63.26	49	529.29
450	492	21.0	450	0.54	95.7	13.4	476.72
600	647	29.5	588	0.38	163.82	9.4	814.79
750	821	35.5	750	0.27	264.23	6.8	1,326.05
900	984	42.0	900	0.21	378.93	5.34	1,910.84

5.4 DETERMINACIÓN DE CAUDAL

Para la determinación de caudales a sección llena, se utiliza la ecuación de Manning, descrita anteriormente, o el ábaco de la Gráfica 5.2.

En aquellos casos en que el tirante "t" (altura del flujo) sea menor a la del flujo a sección llena (d), o a media sección (d/2), se utiliza la Gráfica 5.3 que relaciona los parámetros de caudal (Q) y velocidad (v) con el tirante (t), partiendo de los datos obtenidos para sección llena.

Para el cálculo en computadora de las condiciones a tubo parcialmente lleno, es necesario ingresar las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{s^{1/2}}{n} \left\{ \frac{r^8 - (\beta - \cos\beta \operatorname{sen}\beta)^5}{4\beta^2} \right\}^{1/3} \quad (1)$$

$$\beta = \operatorname{ang} \cos \left(1 - \frac{t}{r} \right) \text{ en radianes}$$

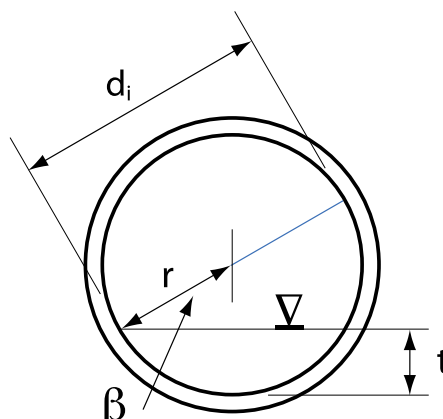
$$v = \frac{s^{1/2}}{n} \left\{ \frac{r (\beta - \cos\beta \operatorname{sen}\beta)}{2\beta} \right\}^{2/3} \quad (2)$$

Donde:

- Q = caudal o gasto, m³/s
- v = velocidad del agua, m/s
- t = altura del tirante, m
- r = radio de la tubería, m; r = d_i/2
- n = coeficiente de Manning, n = 0.009 para **Novafort**
- s = pendiente hidráulica, m/m (milésimas)
- d_i = diámetro interior del tubo, m; d_i = d_e - 2e_t
- d_e = diámetro exterior del tubo, m
- e_t = espesor total del **Novafort**, m

Con la ecuación (1), mediante un algoritmo (como el de iteraciones) se obtiene el tirante correspondiente al gasto y pendiente dados.

Una vez obtenido el valor del tirante (y el ángulo β), con la ecuación (2) se calcula la velocidad. Si se desea, el área hidráulica se calcula dividiendo el gasto entre la velocidad correspondiente. Las ecuaciones anteriores también son útiles cuando se desea conocer el gasto, velocidad y área hidráulica en función del tirante; a partir de la pendiente y el diámetro que se trate.



5.4.1 Ejemplo

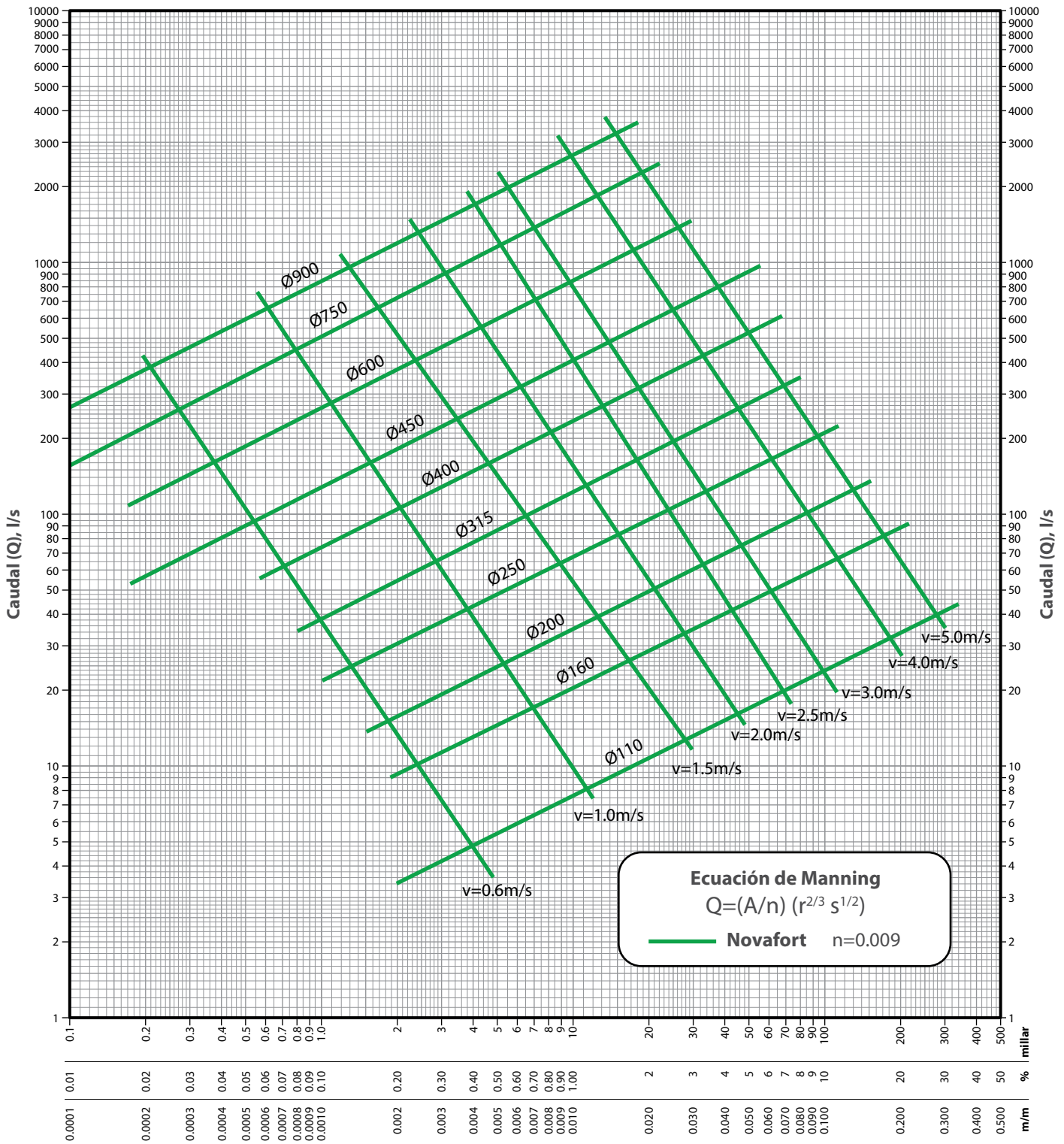
Calcular el diámetro para una tubería que tiene una pendiente s de 10 al millar y un caudal Q de 65 l/s empleando tubería **Novafort**. Revisar las velocidades de diseño y las alturas de flujo (tirantes).

Solución

I. Determinación de diámetros.

Utilizando el ábaco (Gráfica 5.2), trazamos una línea vertical en el valor de pendiente s = 0.010 (1%) que intercepte la línea horizontal de 65 l/s, con lo cual se determina que el diámetro nominal **Novafort** requerido es de 250 mm (10"), cuyo diámetro interior es de 229 mm (Tabla 5.1).

GRÁFICA 5.2 ÁBACO PARA EL CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBOS NOVAFORT R35 PARA ALCANTARILLADO HERMÉTICO



Pendiente hidráulica (s), al millar (0/00), en porcentaje (0/0) y en m/m



II. Revisión de velocidades de diseño.

La velocidad se determina utilizando las Gráficas 5.2 y 5.3 en combinación, de la siguiente manera:

Cálculo de velocidad para **Novafort**: del ábaco obtenemos que para sección llena el caudal **Q** es 68 l/s.

La relación q/Q_{lleno} es igual a 0.96. Ahora, utilizando la Gráfica 5.3 de elementos hidráulicos obtenemos que:

$$v/v_{\text{lleno}} = 1.14; \text{ o sea}$$

$$v = 1.14 v_{\text{lleno}}$$

El valor de v_{lleno} lo obtenemos de la Gráfica 5.2 y es:

$$v_{\text{lleno}} = 1.65 \text{ m/s; por lo tanto,}$$

$$v = 1.14 \times 1.65 = 1.88 \text{ m/s}$$

$v = 1.88 \text{ m/s}$, velocidad que está dentro del rango permitido.

III. Revisión de Alturas de Flujo.

De la gráfica 5.3, para cada relación q/Q_{lleno} obtenemos la relación entre el tirante y el diámetro interior del tubo (t/d_i) y despejando obtenemos el valor del tirante para el gasto dado.

$$t/d_i = 0.78; \quad t = 179 \text{ mm}$$

El resultado también puede obtenerse por computadora aplicando el procedimiento indicado en el apartado 5.4 para las fórmulas (1) y (2) así como las alturas de flujo (tirantes).

GRÁFICA 5.3 CURVA DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS

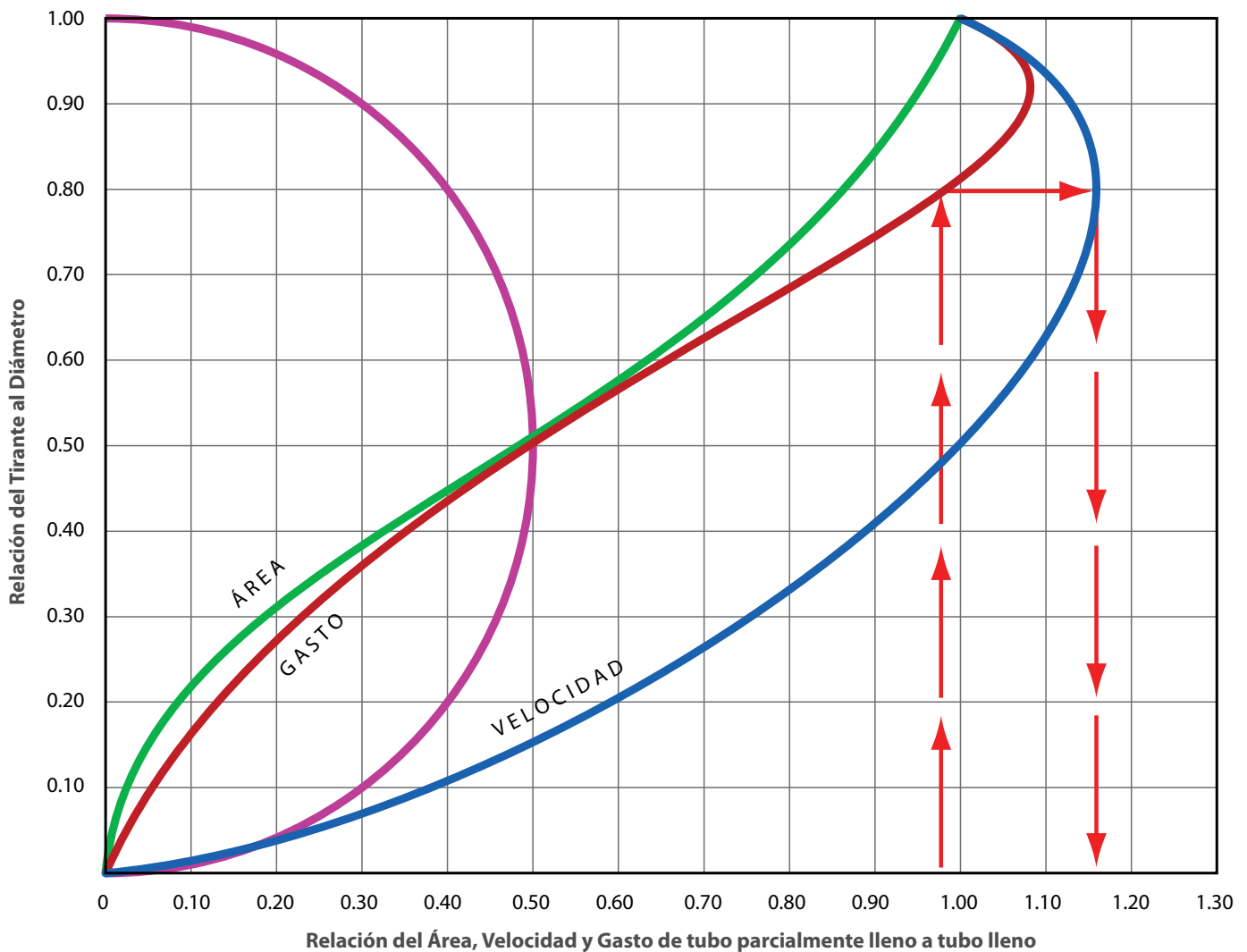


TABLA 5.2 CONDICIONES HIDRÁULICAS DE LA TUBERÍA NOVAFORT R35 EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE. FÓRMULA DE MANNING.

PENDIENTE PLANTILLA AL MILLAR	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO A TUBO LLENO, n=0.009									
	DIAM. NOM. 110 mm		DIAM. NOM. 160 mm		DIAM. NOM. 200 mm		DIAM. NOM. 250 mm		DIAM. NOM. 315 mm	
	DIAM. INT. 10.1 cm		DIAM. INT. 14.6 cm		DIAM. INT. 18.3 cm		DIAM. INT. 22.9 cm		DIAM. INT. 28.9 cm	
	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s
0.90									37.9	0.58
0.97									39.4	0.60
1.00									40.0	0.61
1.10									41.9	0.64
1.20									43.8	0.67
1.30							24.5	0.60	45.6	0.69
1.35							25.0	0.61	46.5	0.71
1.40							25.4	0.62	47.3	0.72
1.50							26.3	0.64	49.0	0.75
1.60							27.2	0.66	50.6	0.77
1.70					15.4	0.59	28.0	0.68	52.1	0.79
1.80					15.9	0.60	28.8	0.70	53.6	0.82
1.90					16.3	0.62	29.6	0.72	55.1	0.84
2.00	3.43	0.43	9.15	0.55	16.7	0.64	30.4	0.74	56.5	0.86
2.40	3.75	0.47	10.0	0.60	18.3	0.70	33.3	0.81	61.9	0.94
3.00	4.20	0.52	11.2	0.67	20.5	0.78	37.2	0.90	69.3	1.06
4.00	4.85	0.60	12.9	0.77	23.6	0.90	43.0	1.04	80.0	1.22
5.00	5.42	0.68	14.5	0.86	26.4	1.01	48.1	1.17	89.4	1.36
6.00	5.93	0.74	15.9	0.95	29.0	1.10	52.7	1.28	97.9	1.49
7.00	6.41	0.80	17.1	1.02	31.3	1.19	56.9	1.38	105.8	1.61
8.00	6.85	0.86	18.3	1.09	33.4	1.27	60.8	1.48	113.1	1.72
9.00	7.27	0.91	19.4	1.15	35.5	1.35	64.5	1.57	120.0	1.83
10.00	7.66	0.96	20.5	1.22	37.4	1.42	68.0	1.65	126.4	1.93
11.00	8.04	1.00	21.5	1.28	39.2	1.49	71.3	1.73	132.6	2.02
12.00	8.39	1.05	22.4	1.34	41.0	1.56	74.5	1.81	135.5	2.11
13.00	8.74	1.09	23.3	1.39	42.6	1.62	77.5	1.88	144.2	2.20
14.00	9.07	1.13	24.2	1.45	44.2	1.68	80.4	1.95	149.6	2.28
15.00	9.38	1.17	25.1	1.50	45.8	1.74	83.3	2.02	154.9	2.36
16.00	9.69	1.21	25.9	1.55	47.3	1.80	86.0	2.09	159.9	2.44
17.00	9.99	1.25	26.7	1.59	48.7	1.85	88.6	2.15	164.5	2.51
18.00	10.3	1.28	27.5	1.64	50.2	1.91	91.2	2.21	169.6	2.59
19.00	10.6	1.32	28.2	1.69	51.5	1.96	93.7	2.28	174.3	2.66
20.00	10.8	1.35	28.9	1.73	52.9	2.01	96.1	2.33	178.8	2.73
29.00	13.0	1.63	34.9	2.08	63.7	2.42	115.8	2.81	215.3	3.28
30.00	13.3	1.66	35.5	2.12	64.8	2.46	117.7	2.86	219.0	3.34
36.00	14.5	1.81	38.8	2.32	70.9	2.70	129.0	3.13	239.9	3.66
40.00	15.3	1.91	40.9	2.45	74.8	2.84	136.0	3.30	252.9	3.85
42.00	15.7	1.96	41.9	2.51	76.6	2.91	139.3	3.38	259.1	3.95
49.00	17.0	2.12	45.3	2.71	82.8	3.15	150.5	3.65	279.9	4.27
50.00	17.1	2.14	45.8	2.73	83.6	3.18	152.0	3.69	282.7	4.31
60.00	18.8	2.34	50.1	2.99	91.6	3.48	166.5	4.04	309.7	4.72
62.00	19.1	2.38	51.0	3.04	93.1	3.54	169.3	4.11	314.8	4.80
64.00	19.4	2.42	51.8	3.09	94.6	3.60	172.0	4.18	319.9	4.88
66.00	19.7	2.46	52.6	3.14	96.0	3.65	174.6	4.24	324.8	4.95
68.00	20.0	2.49	53.4	3.19	97.5	3.71	177.3	4.30	329.7	5.03
70.00	20.3	2.53	54.2	3.23	98.9	3.75	179.9	4.37	334.5	5.10
80.00	21.7	2.70	57.9	3.46	105.7	4.02	192.3	4.67		
90.00	23.0	2.87	61.4	3.67	112.2	4.26	203.9	4.95		
92.00	23.2	2.90	62.1	3.71	113.4	4.31	206.2	5.01		
100.00	24.2	3.02	64.7	3.87	118.2	4.49	215.0	5.22		
110.00	25.4	3.17	67.9	4.06	124.0	4.71				
120.00	26.5	3.31	70.9	4.24	129.5	4.92				
124.00	27.0	3.37	72.1	4.31	131.6	5.01				
130.00	27.6	3.45	73.8	4.41	134.8	5.12				
140.00	28.7	3.58	76.6	4.57						
150.00	29.7	3.70	79.3	4.74						
160.00	30.6	3.83	81.9	4.89						
167.00	31.3	3.91	83.6	5.00						
170.00	31.6	3.94	84.4	5.04						
180.00	32.5	4.06								
190.00	33.4	4.17								
200.00	34.3	4.28								
210.00	35.1	4.38								
220.00	35.9	4.49								
230.00	36.7	4.59								
240.00	37.5	4.69								
250.00	38.3	4.78								
260.00	39.1	4.88								
273.00	40.0	5.00								
274.00	40.1	5.01								

TABLA 5.2 CONDICIONES HIDRÁULICAS DE LA TUBERÍA NOVAFORT R35 EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE. FÓRMULA DE MANNING.

PENDIENTE PLANTILLA AL MILLAR	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO A TUBO LLENO, n=0.009									
	DIAM. NOM. 400 mm		DIAM. NOM. 450 mm		DIAM. NOM. 600 mm		DIAM. NOM. 750 mm		DIAM. NOM. 900 mm	
	DIAM. INT. 36.7 cm		DIAM. INT. 45.0 cm		DIAM. INT. 58.8 cm		DIAM. INT. 75.0 cm		DIAM. INT. 90.0 cm	
	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s	GASTO l/s	VEL. m/s
0.06								202.6	0.32	
0.07								218.8	0.34	
0.10					84.0	0.31	134.5	0.30	218.8	0.34
0.13			47.0	0.30	95.8	0.35	160.8	0.36	261.5	0.41
0.15			50.4	0.32	102.9	0.38	183.4	0.42	298.1	0.47
0.18			55.3	0.35	112.8	0.42	197.0	0.45	320.3	0.50
0.20			58.2	0.37	118.9	0.44	215.7	0.49	350.8	0.55
0.21			59.7	0.38	121.8	0.45	227.4	0.51	369.8	0.58
0.25			65.1	0.41	132.9	0.49	233.0	0.53	378.9	0.60
0.27			67.7	0.43	138.1	0.51	254.3	0.58	413.5	0.65
0.30			71.3	0.45	145.6	0.54	264.2	0.60	429.7	0.68
0.32			73.7	0.46	150.3	0.55	278.5	0.63	452.9	0.71
0.38			80.3	0.50	163.8	0.60	287.7	0.65	467.8	0.74
0.40			82.4	0.52	168.1	0.62	313.5	0.71	509.7	0.80
0.44			86.4	0.54	176.3	0.65	321.6	0.73	523.0	0.82
0.50			92.1	0.58	187.9	0.69	337.3	0.76	548.5	0.86
0.54			95.7	0.60	195.3	0.72	359.6	0.81	584.7	0.92
0.60	58.6	0.55	100.9	0.63	205.9	0.76	373.7	0.85	607.7	0.96
0.70	63.3	0.60	109.0	0.69	222.4	0.82	393.9	0.89	640.5	1.01
0.80	67.6	0.64	116.5	0.73	237.7	0.88	425.5	0.96	691.8	1.09
0.90	71.7	0.68	123.6	0.78	252.1	0.93	454.8	1.03	739.6	1.16
0.97	74.5	0.70	128.3	0.81	261.7	0.96	482.4	1.09	784.5	1.23
1.00	75.6	0.71	130.2	0.82	265.8	0.98	500.8	1.13	814.4	1.28
1.10	79.3	0.75	136.6	0.86	278.7	1.03	508.5	1.15	826.9	1.30
1.20	82.8	0.78	142.7	0.90	291.1	1.07	533.3	1.21	867.2	1.36
1.30	86.2	0.81	148.5	0.93	303.0	1.12	557.1	1.26	905.8	1.42
1.35	87.9	0.83	151.3	0.95	308.8	1.14	579.8	1.31	942.8	1.48
1.40	89.5	0.85	154.1	0.97	314.4	1.16	590.8	1.34	960.8	1.51
1.50	92.6	0.88	159.5	1.00	325.5	1.20	601.7	1.36	978.4	1.54
1.60	95.6	0.90	164.7	1.04	336.2	1.24	622.8	1.41	1012.7	1.59
1.70	98.6	0.93	169.8	1.07	346.5	1.28	643.2	1.46	1046.0	1.64
1.80	101.4	0.96	174.7	1.10	356.6	1.31	663.0	1.50	1078.2	1.69
1.90	104.2	0.99	179.5	1.13	366.3	1.35	682.2	1.54	1109.4	1.74
2.00	106.9	1.01	184.2	1.16	375.8	1.38	700.1	1.59	1139.8	1.79
2.40	117.1	1.11	201.8	1.27	411.7	1.52	719.2	1.63	1169.4	1.84
3.00	131.0	1.24	225.6	1.42	460.3	1.70	787.8	1.78	1281.0	2.01
4.00	151.2	1.43	260.5	1.64	531.5	1.96	880.8	1.99	1432.2	2.25
5.00	169.1	1.60	291.2	1.83	594.2	2.19	1017.0	2.30	1653.8	2.60
6.00	185.2	1.75	319.0	2.01	650.1	2.40	1137.1	2.57	1849.0	2.91
7.00	200.1	1.89	344.6	2.17	703.1	2.59	1245.6	2.82	2025.5	3.18
8.00	213.9	2.02	368.3	2.32	751.7	2.77	1345.4	3.05	2187.8	3.44
9.00	226.8	2.14	390.7	2.46	797.3	2.94	1438.3	3.26	2338.8	3.68
10.00	239.1	2.26	411.8	2.59	840.4	3.09	1525.6	3.45	2480.7	3.90
11.00	250.8	2.37	431.9	2.72	881.4	3.25	1608.1	3.64	2614.9	4.11
12.00	261.9	2.48	451.1	2.84	920.6	3.39	1686.6	3.82	2742.5	4.31
13.00	272.6	2.58	469.6	2.95	958.2	3.53	1761.6	3.99	2864.5	4.50
14.00	282.9	2.67	487.3	3.06	994.4	3.66	1833.5	4.15	2981.4	4.69
15.00	292.8	2.77	504.4	3.17	1029.3	3.79	1902.7	4.31	3094.0	4.86
16.00	302.5	2.86	520.9	3.28	1063.0	3.91	1969.5	4.46		
17.00	311.8	2.95	537.0	3.38	1095.7	4.04	2034.1	4.60		
18.00	320.8	3.03	552.5	3.47	1127.5	4.15	2096.7	4.75		
19.00	329.6	3.12	567.7	3.57	1158.4	4.27	2157.5	4.88		
20.00	338.2	3.20	582.4	3.66	1188.5	4.38				
29.00	407.2	3.85	701.3	4.41						
30.00	414.1	3.92	713.3	4.48						
36.00	453.7	4.29	781.4	4.91						
40.00	478.2	4.52								
42.00	490.0	4.63								
49.00	529.3	5.00								
50.00	534.7	5.05								

6. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La propiedad elástica que posee la tubería **Novafort** de reaccionar transversalmente como respuesta a las cargas externas que le son impuestas, sin sufrir daño (ver figura 6.1), crea una condición excelente desde el punto de vista estructural ya que, al instalarla bajo condiciones controladas y preestablecidas, desarrolla una interacción suelo-tubo muy eficiente.

Como en todas las tuberías de PVC, la posible falla por colapso (curvatura inversa) se presenta al tener una deflexión transversal (Δy) mayor al 30% de su diámetro exterior.

Es criterio generalizado utilizar un factor de seguridad de 4, con el cual la tubería **Novafort** acepta una deflexión transversal, a largo plazo, hasta de un 7.5% prácticamente sin reducir su capacidad hidráulica ni afectar su estabilidad estructural. Con este parámetro de diseño se asegura la vida útil y buen funcionamiento del sistema.

6.1 TEORÍA DE FLEXIBILIDAD

Las tuberías como **Novafort** derivan su capacidad de carga de su flexibilidad lo que le permite deflectarse, generando de esa manera un soporte pasivo del suelo circundante.

Esta deflexión libera a la tubería de gran parte de la carga vertical y la transmite al suelo a través del mecanismo de arco estructural. Este mecanismo desarrolla una reacción horizontal que convierte al suelo en elemento de soporte.

La magnitud de la deflexión transversal que ocurre en un tubo sometido a carga depende principalmente de tres factores:

- Cargas sobre el tubo (viva y muerta)
- Módulo de reacción del suelo E' , y
- Rigidez del tubo R .

6.1.1 Rigidez del tubo:

Físicamente, se define como rigidez del tubo (R), a la relación que existe entre una fuerza lineal aplicada F y la deflexión transversal Δy producida; es decir (ver figura 6.2):

$$R = F / \Delta y = \text{rigidez de la tubería}$$

De acuerdo con la teoría elástica, la rigidez de un tubo se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = F / \Delta y = 6.71 EI / r^3$$

Donde, para el Novafort:

E = módulo de elasticidad del PVC igual a 28,150 kgf/cm² (400,000 psi).

I = momento de inercia calculado de acuerdo con la forma anular de la sección transversal de doble pared y con base en teorema de ejes paralelos.

r = radio medio, en m.

La rigidez mínima (R) de la tubería **Novafort** es de 24 N/cm² (2.4 kgf/cm²), o bien 35 psi (R35); rigidez 1.25 veces mayor a la de una tubería de pared compacta serie 20 (métrica) o tipo 41 (inglesa).

Este valor garantiza una excelente resistencia para las condiciones a las que el tubo se verá sometido durante su manejo, instalación y funcionamiento a largo plazo.

FIGURA 6.1
INTERACCIÓN SUELO-TUBO ANTE CARGAS EXTERNAS

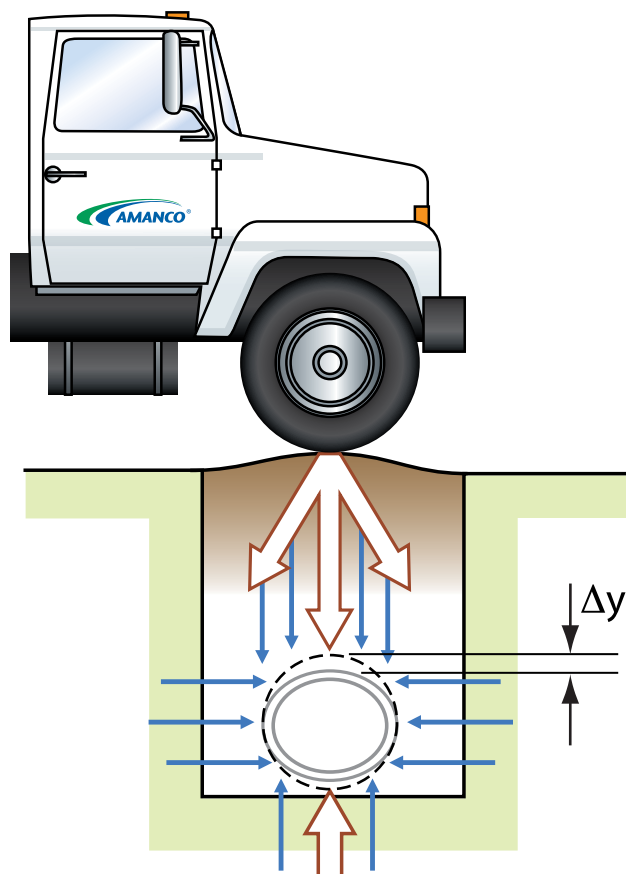
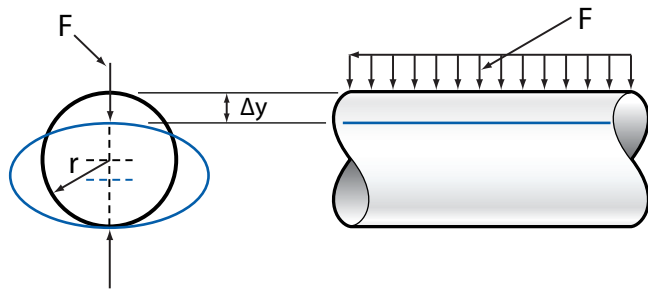


FIGURA 6.2
CONCEPTO FÍSICO DE RIGIDEZ DE UN TUBO



$$R = F / \Delta y = 6.71 EI / r^3$$

TABLA 6.1
MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO E'
(para deflexión inicial de tubería flexible)

Tipo de suelo para encamado (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS) ¹	E' Según el grado de compactación del acostillado, en kgf/cm ² y (psi)			
	Material lanzado sin compactar	Ligero, Proctor <85%, densidad relativa <40%	Moderado, Proctor 85-95%, densidad relativa 40-70%	Alto, Proctor >95%, densidad relativa >70%
Suelos con partículas finas (LL>50) ² Suelos con mediana a alta plasticidad CH, MH, CH-MH	USAR E' = 0			
Suelos de grano fino (LL<50) Suelos con mediana a sin plasticidad, CL, ML, ML-CL, con menos del 25% de partículas gruesas	3.5 (50)	14.0 (200)	28.0 (400)	70.0 (1000)
Suelos de grano fino (LL<50) Suelos con mediana a sin plasticidad, CL, ML, ML-CL, con más del 25% de partículas gruesas Suelos de partículas gruesas con finos GM, GC, SM, SC con más del 12% finos	7.0 (100)	28.0 (400)	70.0 (1000)	14.0 (2000)
Suelos con partículas gruesas con pocos o sin finos GW, GP, SW, SP con menos del 12% de finos	14.0 (200)	70.0 (1000)	14.0 (2000)	210 (3000)
Roca triturada	70.0 (1000)	210 (3000)	210 (3000)	210 (3000)
Precisión en términos de porcentaje de deflexión	±2	±2	±1	±0.5

¹ Designación ASTM D 2487, Designación USBR E-3

² LL = Límite Líquido

6.1.2 Módulo de reacción del suelo E'

Se define E' como la respuesta pasiva del suelo a la fuerza de reacción horizontal que la tubería ejerce a sus lados, producto de la deflexión vertical Δy .

El módulo de reacción del suelo E', puede ser obtenido a través de pruebas de laboratorio, o bien mediante los valores de la Tabla 6.1. Los valores que se presentan dependen del tipo de suelo y de su grado de compactación.

La clasificación de suelos más usada desde el punto de vista de mecánica de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) el cual asigna un símbolo para cada uno de los tipos de suelo, ya sean orgánicos o inorgánicos.

TABLA 6.2
PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS (SUCS)

Símbolos del Grupo		Clasificación Unibell	Nombres típicos
Usual en Méx.	Usual en USA (ASTM)		
		Clase I	Material granular, angular manufacturado, de 1/2 a 1 1/2" (6 a 40 mm), incluyendo materiales representativos de la región como roca triturada, coral picado, conchas trituradas.
Gp	GW	Clase II	Gravas bien graduadas; mezclas de grava y arena; pocos o ningún finos.
Gm	GP		Gravas mal graduadas; mezclas de grava y arena; pocos o ningún finos.
GL	GM	Clase III	Gravas limosas; mezclas de grava y limo mal graduadas.
GB	GC		Gravas arcillosas; mezclas de grava, arena y arcilla mal graduadas.
Ab	SW	Clase II	Arenas bien graduadas; arenas gravosas; pocos o ningún finos.
Am	SP		Arenas mal graduadas; arenas gravosas; pocos o ningún finos.
AL	SM	Clase III	Arenas limosas; mezclas de arena y limo mal graduadas.
AB	SC		Arenas arcillosas; mezclas de arena y arcilla mal graduadas.
Lp	ML	Clase IV	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca; arenas finas limosas o arcillas ligeramente plásticas.
Bp	CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media; arcillas gravosas; arcillas arenosas; arcillas limosas; arcillas pobres.
Op	OL	Clase V	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
Lc	MH	Clase IV	Limos inorgánicos; suelos micáceos o diatomáceos arenosos finos o limosos, limos elásticos.
Bc	CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad; arcillas francas muy compresibles.
Oc	OH	Clase V	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta muy compresibles.
T	PT		Turba y otros suelos altamente orgánicos en estado de descomposición.

Sus principales parámetros de clasificación son: el Límite Líquido (LL), el Límite Plástico (LP) y el tamaño de partículas (granulometría). Los cuales describen el comportamiento mecánico del suelo. Las normas ASTM D-2487 y ASTM D-2488 muestran la clasificación de los suelos y el método visual-manual de clasificación respectivamente.

La clasificación SUCS se muestra en la Tabla 6.2. Además muestra la clasificación de la Unibell Plastics Pipe Association en grupos de relleno.

Como puede observarse, la Unibell Plastics Pipe Association hace una agrupación de los tipos de suelos con fines de usarlos de relleno en las zanjas, los subdivide en cinco clases tomando en cuenta sus propiedades mecánicas. La clase V no debe utilizarse como relleno, ver Tablas 6.3 y 6.4.

TABLA 6.3
GUÍA APROXIMADA PARA ESTIMAR EL RANGO DEL GRADO DE COMPACTACIÓN VS LA CLASE Y EL MÉTODO DE RELLENO COMO PORCENTAJE PROCTOR O DE LA DENSIDAD RELATIVA¹, PARA MATERIALES GRANULARES²

CLASE DE RELLENO	I	II	III	IV
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Material granular manufacturado	Suelos de arena y grava limpios	Suelos mezclados granulosos	Suelos de granos finos
Contenido óptimo de humedad en % de suelo seco	-	9-12	9-18	6-30
Método de compactación del suelo	Rango en % Proctor o Densidad Relativa (valores entre paréntesis)			
Compactado con apizonador mecánico	95-100 (75-100)	95-100 (80-100)	95-100	90-100
Compactado con vibrocompactador portátil	80-95 (60-75)	80-95 (60-80)	80-95	75-90
Con pizón manual	-	60-80 (50-60)	60-80	60-75
A volteo	60-80 (40-60)	60-80 (50-60)	60-80	60-75

¹ La densidad relativa está anotada entre paréntesis.

² Esta tabla sirve como una guía aproximada para definir promedios de compactaciones Proctor conseguidos a través de varios métodos de compactación de suelo en diferentes clases de suelo. La tabla tiene la intención de proveer una guía y no se recomienda para su uso en diseño. Los valores reales de diseño deberán ser calculados por el ingeniero para suelos específicos y con contenidos de humedad específicos.

TABLA 6.4
PORCENTAJE PROCTOR¹ Y MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO (E') PARA LAS DIFERENTES CLASES DE SUELO

Clase de relleno (Clasificación UNIBELL)	Rango de Densidad Proctor %	Módulo de reacción del Suelo	
		kg/cm ²	psi
I	-	210.97	3000
II	85-95	140.65	2000
	75-85	70.32	1000
	65-75	14.06	200
III	85-95	70.32	1000
	75-85	28.13	400
	65-75	7.03	100
IV	85-95	28.13	400
	75-85	14.06	200
	65-75	3.52	50
V	CLASE DE SUELO NO RECOMENDADA		

¹ El porcentaje de la densidad Proctor de acuerdo a ASTM 698.

6.1.3 Cargas externas

Las cargas que se aplican a las tuberías enterradas se calculan con base en métodos convencionales de ingeniería, ya sean éstas vivas o muertas, de acuerdo con las recomendaciones de ASTM, AWWA y la teoría de Marston y Boussinesq.

I. Cargas muertas.

Las cargas muertas en tuberías de materiales plásticos se calculan de acuerdo con la teoría de Marston recomendada por ASTM. Su ecuación es la siguiente:

$$W_c = C_d W_t B_d D$$

En donde:

W_c es la carga muerta, en kilogramos por metro de tubería

C_d es el coeficiente de Marston de la Gráfica 6.1

W_t es el peso específico del material de relleno a la corona del tubo, en kilogramos por metro cúbico.

B_d es el ancho de la zanja medida a la corona del tubo, en metros.

D es el diámetro exterior del tubo, en metros.

Marston demostró que usando este criterio, se obtienen los valores máximos para las cargas en condición de zanja, o sea que los valores calculados con esta ecuación son siempre mayores a los reales en dicha condición.

Para fines prácticos y simplicidad en el cálculo, las cargas muertas, en condición de zanja, pueden evaluarse conservadoramente si se considera, teóricamente, el prisma central apoyado sobre el tubo; calculado como:

$$W_c = H W_t D$$

W_c es la máxima carga muerta teórica (carga del prisma) que se ejerce sobre el tubo, en kilogramos por metro de tubería.

H es la altura de relleno a la corona del tubo, en metros.

W_t es el peso específico del material de relleno, en kilogramos por metro cúbico.

D es el diámetro exterior del tubo, en metros.

La presión debida al peso del suelo sobre el tubo se calcula como:

$$P = W_c / D \quad \text{O bien:}$$

$$P = W_t H \quad \text{en kilogramos por metro cuadrado.}$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-2k\mu'H/B_d}}{2k\mu'}$$

- W —
- A- Granulado y falta de cohesión (1.7 ton/m³)
 - B- Para grava y arena (1.9 ton/m³)
 - C- Material húmedo y fangoso (2.1 ton/m³)
 - D- Arcilla o lodo espeso (2.1 ton/m³)
 - E- Arcilla saturada (2.2 ton/m³)

II. Cargas vivas.

Para calcular las cargas vivas en tuberías plásticas, se usa la teoría de Boussinesq recomendada por AWWA.

$$W_L = 3.281 C_L P_c (1 + I_f)$$

En donde:

W_L es la carga viva producida sobre el tubo, en kilogramos por metro de tubería.

C_L es el coeficiente de carga viva que se obtiene en función del diámetro nominal del tubo, en pulgadas, y la altura de relleno sobre la corona del tubo, en pies. Para utilizar la fórmula, la función arcsin debe estar en modalidad de radianes y tanto el radio (R) como la altura de relleno (H) en pies.

P_c es una carga concentrada, generalmente considerada de 7,258 kilogramos.

I_f es el factor de impacto (su valor, que debe ser igual o mayor que 0 y menor o igual que 0.50, se calcula como $I_f = 0.766 - 0.133 H$, donde H es la profundidad de instalación a la corona del tubo, medida en pies).

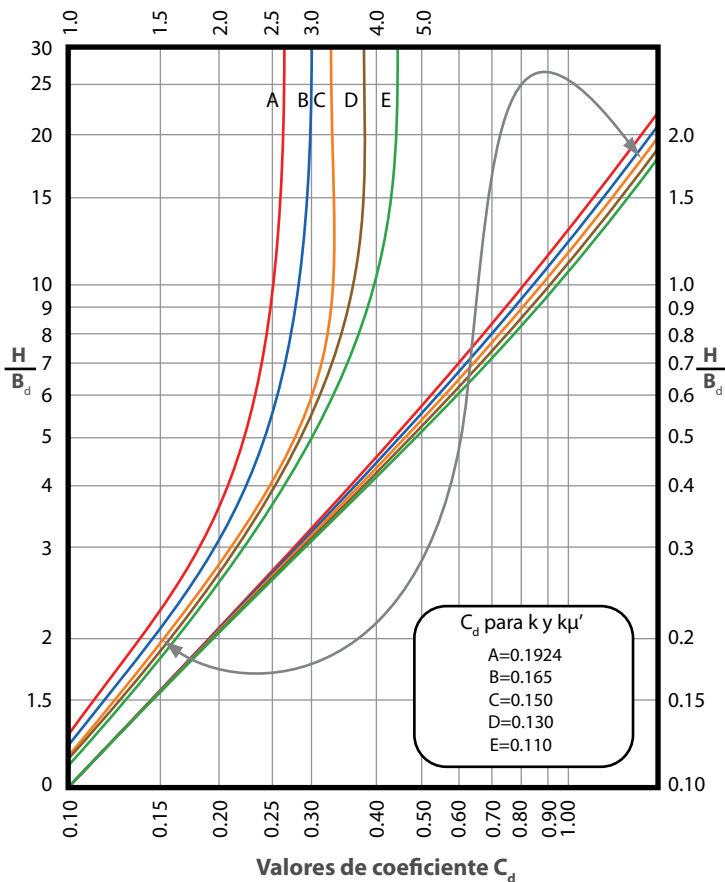
El cálculo rápido se hace con el programa gratuito *External Load Design* for UniBell, o bien con la ecuación:

$$C_L = \frac{1 - 2}{3} \frac{2}{3\pi} \text{ARCSIN} \left[H \left[\frac{R^2 + H^2 + 1.52}{(R^2 + H^2)(H^2 + 1.5^2)} \right]^{1/2} \right] + \frac{RH \left[\left(\frac{1}{(R^2 + H^2)} + \frac{1}{(H^2 + 1.5^2)} \right) \right]}{\pi (R^2 + H^2 + 1.5^2)^{1/2}}$$

6.2 DEFLEXIONES

El cálculo de deflexión transversal (Δy) para las tuberías flexibles se basa en las teorías de Marston y Spangler, y mediante la Ecuación de Iowa Modificada, descrita a continuación, puede determinarse su valor en términos de porcentaje respecto al diámetro exterior (D).

GRÁFICA 6.1 COEFICIENTE DE MARSTON (C_d)



$$\frac{\% \Delta y}{D} = \frac{(K/D) (D_L W_C + W_L) 100}{0.149 PS + 0.061 E'}$$

Siendo:

Δy = deflexión producida, en cm

D = diámetro exterior del tubo, en cm

D_L = factor de deflexión a largo plazo = 1.5

K = constante de encamado = 0.10

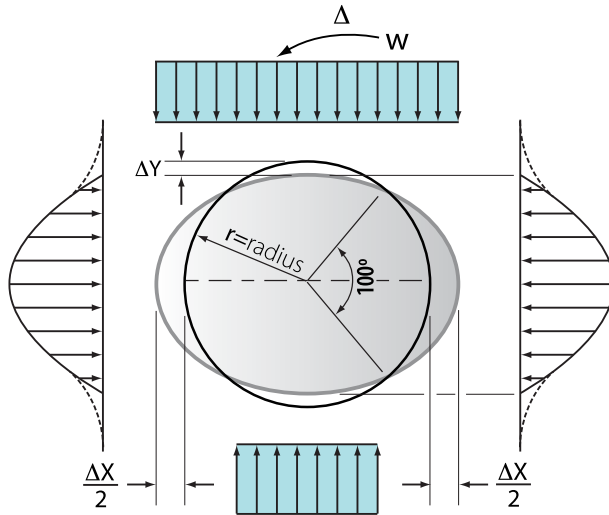
W_C = carga muerta, kgf/cm

W_L = carga viva, kgf/cm

E' = módulo de reacción del suelo, kgf/cm²

PS = rigidez de la tubería, kgf/cm²; la rigidez mínima del **Novafort (R)** es de 2.4 kgf/cm² valor que se considera para cualquier cálculo.

FIGURA 6.3 ECUACIÓN DE IOWA MODIFICADA



La Tabla 6.5 muestra los valores para la deflexión transversal a largo plazo de la tubería Novafort, para todos sus diámetros, en función del módulo de reacción del suelo E' y la altura del relleno; bajo condiciones de carga viva o sin ella; enterrada en el suelo de mayor densidad (arcilla saturada). Valores máximos para fines prácticos.

La carga viva asumida es la de un camión tipo H20, la cual genera una carga concentrada de 7258 kgf (16,000 libras).

Los valores de la Tabla 6.5 se muestran en la Gráfica 6.2, en la que se puede observar el comportamiento de la tubería **Novafort** a diferentes condiciones de instalación. La carga viva deja de tener influencia importante a profundidades mayores de 1.50 m sobre la corona del tubo; a partir de 3.00 m la influencia de la carga viva es mínima o nula.

TABLA 6.5 DEFLEXIONES CALCULADAS PARA TUBERÍA NOVAFORT R35

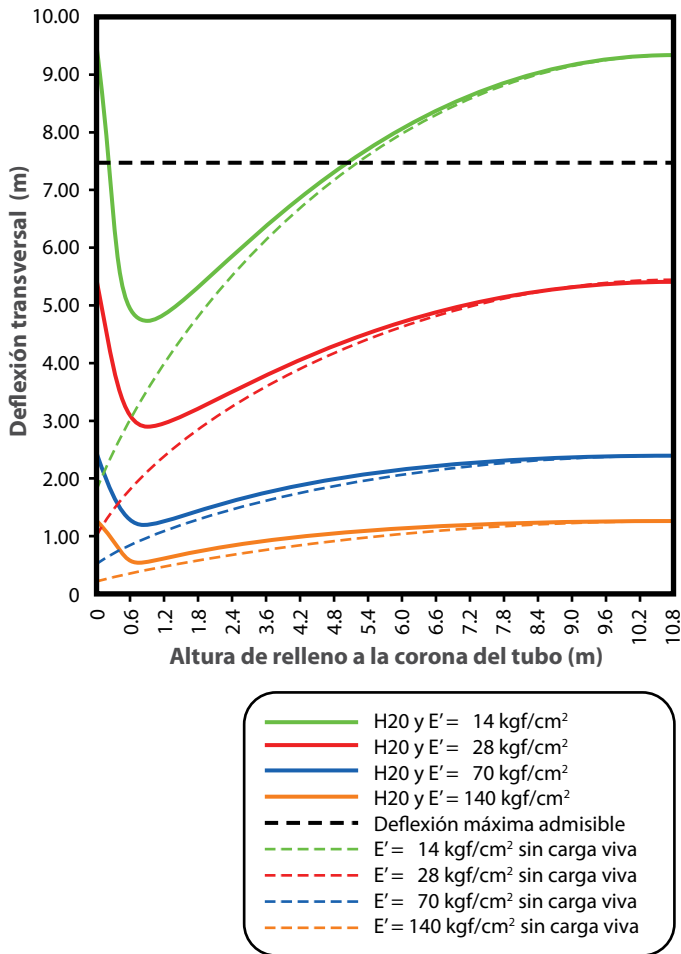
Profundidad de relleno sobre la Corona (m)		0.21	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	5.00	7.00	9.00	11.00
E' kg/cm ² (psi)		DEFLEXIÓN (% CON RESPECTO AL DIÁMETRO EXTERIOR)														
3.5 (50)	SIN CARGA VIVA	1.19	1.67	3.21	4.63	5.94	7.14	8.25	10.2	11.9	13.3	14.5	15.8	18.0	19.3	20.1
	CON H20	61.3	43.5	20.7	13.0	10.5	9.90	10.0	11.2	12.5	13.7	14.8	16.0	18.2	19.4	20.1
14 (200)	SIN CARGA VIVA	0.56	0.79	1.51	2.18	2.79	3.36	3.88	4.80	5.58	6.24	6.80	7.42	8.48	9.09	9.45
	CON H20	28.8	20.4	9.73	6.10	4.96	4.65	4.71	5.28	5.89	6.46	6.96	7.53	8.54	9.13	9.47
28 (400)	SIN CARGA VIVA	0.33	0.46	0.88	1.28	1.64	1.97	2.27	2.81	3.27	3.66	3.98	4.35	4.97	5.33	5.54
	CON H20	16.9	12.0	5.70	3.57	2.91	2.73	2.76	3.09	3.45	3.78	4.08	4.41	5.00	5.35	5.55
70 (1000)	SIN CARGA VIVA	0.15	0.21	0.39	0.57	0.73	0.88	1.01	1.25	1.46	1.63	1.78	1.94	2.22	2.38	2.47
	CON H20	7.53	5.34	2.54	1.59	1.30	1.22	1.23	1.38	1.54	1.69	1.82	1.97	2.23	2.39	2.47
140 (2000)	SIN CARGA VIVA	0.08	0.11	0.21	0.30	0.38	0.46	0.53	0.65	0.76	0.85	0.92	1.01	1.15	1.24	1.28
	CON H20	3.91	2.78	1.32	0.83	0.67	0.63	0.64	0.72	0.80	0.88	0.95	1.02	1.16	1.24	1.29
210 (3000)	SIN CARGA VIVA	0.05	0.07	0.14	0.20	0.26	0.31	0.36	0.44	0.51	0.57	0.62	0.68	0.78	0.83	0.87
	CON H20	2.65	1.88	0.89	0.56	0.46	0.43	0.43	0.48	0.54	0.59	0.64	0.69	0.78	0.84	0.87

Valores mayores de 7.5% indican que no debe instalarse el tubo bajo esas condiciones; a mayores de 30% el tubo falla por curvatura inversa (colapso).

Profundidades mayores a 11 metros producen un efecto muy parecido, en el tubo, la curva deflexión-profundidad de instalación tiende a ser paralela al eje de las abscisas (ver Gráfica 6.2).

La obtención del valor exacto de la deflexión producida para un diámetro y profundidad específica se obtiene del cálculo de la fórmula IOWA modificada.

GRAFICA 6.2 DEFLEXIÓN DE TUBERÍA NOVAFORT



6.2.1 Ejemplo

Se tiene un tubo **Novafort** de 200 mm de diámetro nominal, enterrado en una zanja de 60 cm, un colchón de 0.60 m y un suelo arcilloso de mediana plasticidad, con granos y partículas gruesas; peso específico de 1,700 kgf/m³.

Calcular las cargas externas y deflexiones a largo plazo, considerando tres casos: 1) que se rellene a volteo, 2) una mala compactación y 3) una buena (pero no excelente) compactación.

a) Cálculo de la carga muerta

$$W_c = C_d W_t B_d D$$

Para obtener C_d :

$$\frac{H}{B_d} = \frac{0.60}{0.60} = 1.0$$

En la gráfica 6.1 con el valor de 1.0 y la curva A, o con la fórmula, tenemos:

$$C_d = 0.83$$

$$D = d_e = 0.198 \text{ m (Tabla 3.1)}$$

Sustituyendo :

$$W_c = 0.83 (1700) 0.6 (0.198) = 167.6 \text{ kgf/m}$$

$$W_c = 1.68 \text{ kgf/cm}$$

b) Cálculo de la carga viva

$$W_L = 3.281 C_L P_c (1 + I_f)$$

En donde:

Carga concentrada: $P_c = 7258 \text{ kgf}$

Factor de impacto:

$$I_f = 0.766 - 0.133 H = 0.766 - \{0.133 (0.60)(3.281)\} = 0.69$$

Sea $I_f = 0.50$

Coefficiente de carga en función del diámetro del tubo y de la profundidad a la corona del tubo, (Del cálculo de la fórmula, o bien de la Tabla 6.5):

$$C_s = 0.055 \text{ Sustituyendo:}$$

$$W_L = 3.281(0.055) (7258)(1+0.50) = 1,964.6 \text{ kgf/m}$$

$$W_L = 19.65 \text{ kgf/cm}$$

c) Deflexión producida a largo plazo:

Coefficiente de encamado $K = 0.10$

Factor de deformación a largo plazo $D_L = 1.5$

Rigidez del **Novafort** $PS = R = 2.4 \text{ kgf/cm}^2$

$$\% \Delta y / D = \frac{(K/D) (D_L W_c + W_L) 100}{0.149 R + 0.061 E'} =$$

$$= \frac{(0.1/0.198)((1.5)(1.68)+ 19.65) 100}{0.149 (2.4)+0.061E'}$$

Resolviendo la ecuación para los valores dados del módulo de reacción del suelo, tomados de la Tabla 6.1, tenemos:

Para el caso 1), de no compactar, $E' = 7 \text{ kgf/cm}^2$

$$\% \Delta y / D = 14.3 \% \text{ (rebas la deformación máxima permisible)}$$

Para el caso 2), de mala compactación, $E' = 28 \text{ kgf/cm}^2$

$$\% \Delta y / D = 5.4\%$$

Para el caso 3) de compactar, $E' = 70 \text{ kgf/cm}^2$

$$\% \Delta y / D = 2.4 \%$$

Como conclusión de los resultados, es evidente la importancia de compactar el material de relleno, principalmente el de los costados, para asegurar que la deflexión del tubo sea siempre menor del 7.5 % recomendado y así garantizar, con un factor de seguridad igual o mayor de 4, que el tubo no falle por curvatura inversa (colapso).

Con relación a la capacidad hidráulica del conducto, la reducción del área de flujo, es despreciable hasta para valores de deflexión del 20% de su diámetro.

Para el 7.5 % de deflexión (la máxima permisible), la reducción del área de flujo es de 0.56 % con respecto a un círculo perfecto.

7. TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO EN OBRA

7.1 TRANSPORTE

El **Novafort** se fabrica en longitudes mínimas totales de 6.00 metros, pero puede fabricarse en otras longitudes, previo acuerdo entre cliente y fabricante.

Para evitar daños a las tuberías, durante el transporte, deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

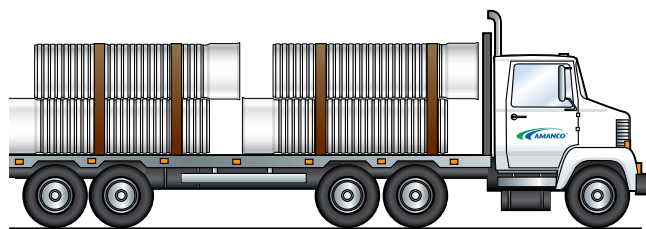
1. Si los tubos se transportan en camiones o carros de ferrocarril, deben ser colocados sobre superficies planas, libres de clavos o tornillos salientes para evitar daños. Es conveniente apoyar la primera cama de tubos sobre tiras

de madera de 38 x 75 mm, o mayores, separados no más allá de 1.50 metros. En la Figura 7.1 se muestra la manera correcta de transportar la tubería, así como métodos que deben evitarse.

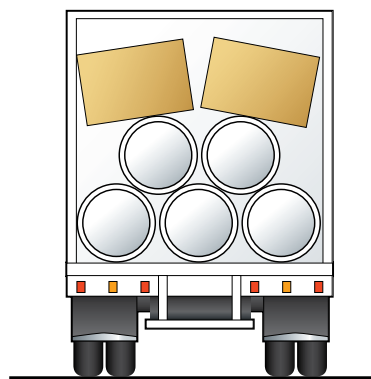
2. La altura de la estiba no debe exceder 2.50 m. Sin embargo, con el objeto de aprovechar al máximo la capacidad del transporte, se pueden introducir los tubos unos dentro de otros ("telescopiar"), cuando sus diámetros lo permitan.

3. Si además de tubería se transportan otros materiales o equipo pesado, nunca deberán ponerse sobre los tubos.

FIGURA 7.1
TRANSPORTE DE TUBERÍA



Correcto



Incorrecto



Incorrecto

4. Cuando la tubería se transporte largas distancias, en condiciones de alta temperatura ambiente, debe protegerse dejando un espacio entre la cubierta y los tubos que permita la circulación de aire, para evitar deformaciones ocasionadas por el peso propio y la temperatura.

En la Tabla 7.1 aparece la cantidad recomendada de tubos de 6.00 m de longitud que es posible transportar en un camión con plataforma de 12.2 m de largo.

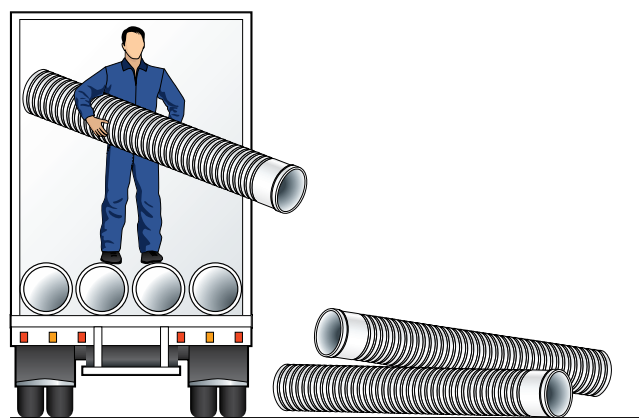
TABLA 7.1
CANTIDAD DE TUBOS A TRANSPORTAR EN UN CAMIÓN CON CAJA DE 13.5 METROS DE LARGO

Díámetro exterior (mm)	110	160	200	250	315	400	450	600	750	900
Cantidad de tubos por trailer	940	448	286	180	112	60	50	32	18	8

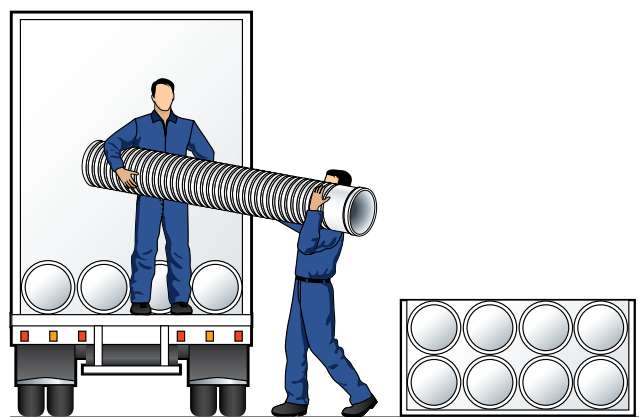
7.2 CARGA Y DESCARGA

Durante la carga o descarga de los tubos, éstos no deben ser lanzados al suelo, ni ser sometidos a peso excesivo o golpes. En la figura 7.2 se muestra como deben realizarse estas operaciones.

FIGURA 7.2
CARGA Y DESCARGA DE TUBERÍA NOVAFORT

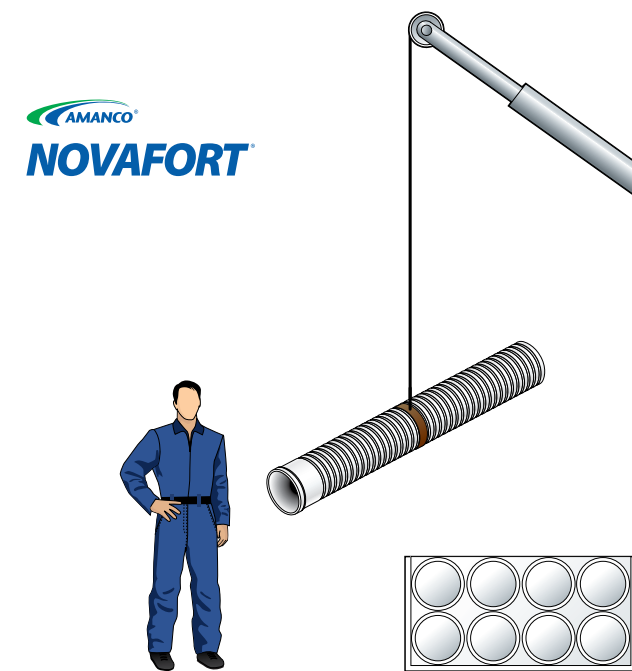


Incorrecto



Correcto

Cuando la carga o descarga se efectúe con medios mecánicos, se deben utilizar elementos que no dañen los tubos, tales como fajas de lona, cintas de nylon, etc. Debe evitarse el uso de cadenas o cables de acero.

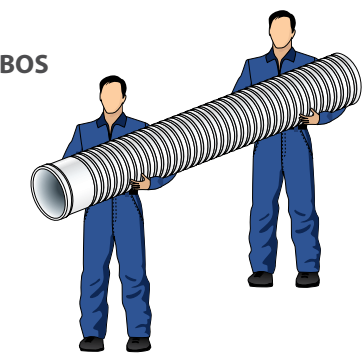


Correcto

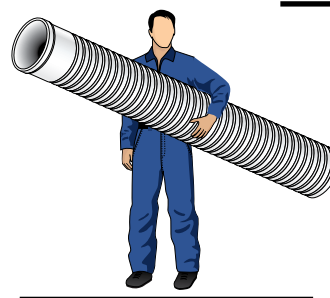
7.3 MANEJO DE LOS TUBOS

Para evitar daños, los tubos no deben ser arrastrados, golpeados contra el suelo o con herramientas. En la Figura 7.3, se muestra la manera de realizar la manipulación.

FIGURA 7.3
MANEJO DE LOS TUBOS



Correcto

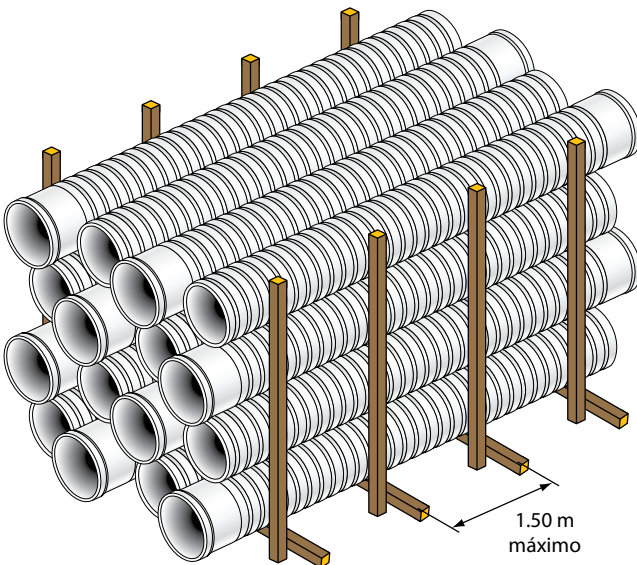
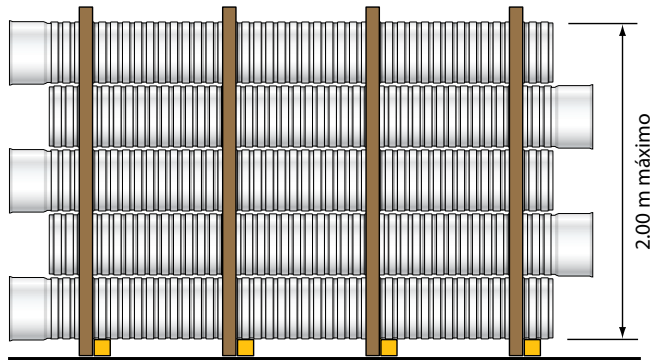


Incorrecto

7.4 ALMACENAMIENTO EN OBRA

El lugar de almacenamiento debe situarse lo más cerca posible de la obra. La superficie de apoyo de los tubos debe estar nivelada y plana, libre de piedras, apoyando la primera cama de tubos sobre piezas de madera de 38 x 75 mm (1 1/2 " x 3"), o mayores, separadas no más allá de 1.50 m, tal como se muestra en la Figura 7.4. Las estibas de tubos no deben tener una altura mayor de 2.0 m.

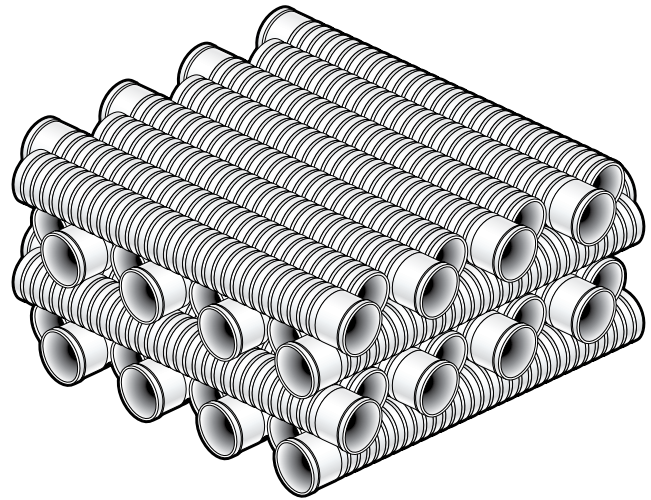
FIGURA 7.4
ALMACENAMIENTO DE TUBERÍA EN OBRA



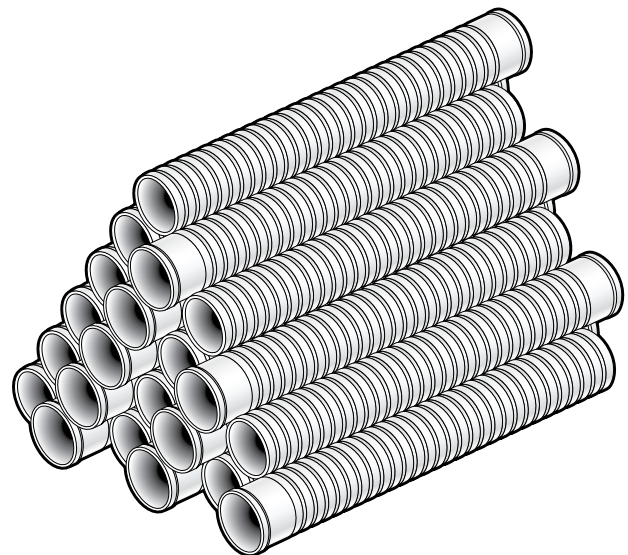
Esta manera de almacenar tubería se conoce como "camas paralelas", y es la más adecuada cuando se dispone de poco espacio. Ver también la Figura 7.6.

Otras posibilidades para almacenar los tubos se obtienen mediante el empleo de las "camas perpendiculares" (Figura 7.5a) para cuando se dispone de suficiente espacio; o la estiba piramidal (Figura 7.5b), muy práctica cuando se tienen pocos tubos. En todos los tipos de estiba los casquillos y las espigas deben ser colocadas alternadamente (ver figura 7.5c).

FIGURA 7.5
a) Camas perpendiculares



b) Estiba piramidal



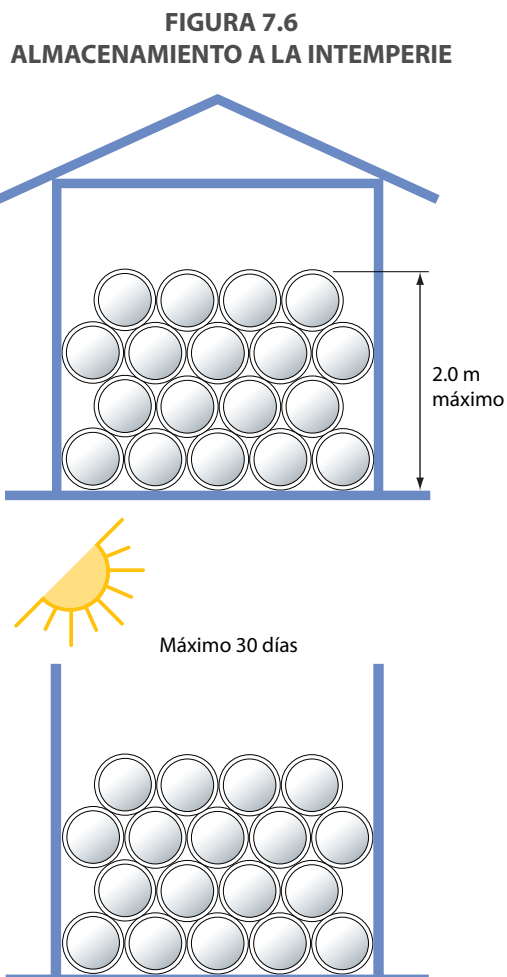
c) Colocación alternada



7.5 ALMACENAMIENTO A LA INTEMPERIE

Si el almacenamiento de la tubería se hace a la intemperie, no debe exponerse al sol por más de treinta días. Para plazos mayores de almacenamiento deberá proveerse un techo adecuado.

Los tubos no deben cubrirse directamente con lonas o polietileno, pues esto provoca un aumento de temperatura que les puede causar deformaciones; por ello se recomienda un techado que permita una buena ventilación a la tubería, tal como se recomienda en la Figura 7.6.



Con las conexiones deben seguirse las mismas recomendaciones dadas para el almacenamiento de la tubería.

7.6 IDENTIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE MATERIALES

El tubo Novafort viene marcado con la siguiente leyenda:

Símbolo y/o nombre: AMANCO
Tipo de material: PVC 12454 - B
Origen: HECHO EN MEXICO
Uso: ALCANTARILLADO
Tipo o serie: ESTRUCTURADO TIPO B
NOVAFORT
Díámetro
Nominal (mm): 110, 160, 200, 250, 315, 400, 450, 600, 750 y 900 (según corresponda)
Rigidez: R 24 N/cm² (2.4 kgf/cm²)
Designación
Nominal: Serie Dn/DI100,150,180,225, 355(según corresponda)
Fecha de fabricación: 19 06 03 (según corresponda)
Datos de fabricación: Planta, máquina, turno.

Las conexiones también están marcadas con el diámetro o diámetros nominales, nombre del fabricante y/o norma de fabricación.

El representante del comprador debe inspeccionar los lotes de tubos y accesorios; y verificar además que todas las conexiones y sus respectivos empaques hayan sido suministrados.

La inspección debe practicarse preferiblemente durante la descarga de los materiales.

8. INSTALACIÓN DE TUBOS NOVAFORT

8.1 ZANJA

8.1.1 Excavación y dimensiones

La zanja deberá ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería.

Deberá tomarse en cuenta que una zanja angosta hace difícil el ensamble y la correcta instalación de la tubería; además, la poca amplitud limita la adecuada compactación del material alrededor de la tubería. En la Tabla 8.1, se presentan los anchos mínimos de zanja recomendados para suelos estables.

TABLA 8.1 ANCHOS MÍNIMOS DE ZANJA PARA SUELOS ESTABLES

Diámetro exterior (mm)	110	160	200	250	315	400	450	600	750	900
Ancho de zanja recomendado (m)	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80	0.85	1.10	1.30	1.60

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado de la zanja, a una distancia no menor que 60 cm del borde y la altura del montículo no mayor de 1.25 m, para evitar que la carga produzca derrumbes en la zanja. Como regla general, no deben excavar las zanjas con mucha anticipación a la colocación de la tubería.

La profundidad mínima de la zanja podrá variar según las circunstancias, se puede tener un recubrimiento de 0.60 m sobre la corona del tubo en lugares con tráfico vehicular, o 0.30 m sobre la corona cuando no exista tráfico. Profundidades menores (hasta de 0.21m) pueden tenerse cuando el relleno sea de banco y su grado de compactación se controle adecuadamente, consulte al Departamento Técnico de Amanco México.

En la Tabla 8.2 se presentan las profundidades mínimas y máximas de instalación, según el módulo de reacción E' del relleno lateral del tubo.

TABLA 8.2 PROFUNDIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS DE INSTALACIÓN DE NOVAFORT (sobre la corona del tubo)

Módulo de reacción del suelo E'	Sin carga viva (metros)		Con carga viva H20 (metros)	
	mínima	máxima	mínima	máxima
kgf/cm ²				
3.5	0.30	1.50	NR	NR
14	0.30	5.0	0.90	5.0
28	0.30	11.0	0.60	11.0
70*	0.21	11.0	0.30	11.0
140*	0.21	11.0	0.21	11.0
210*	0.21	11.0	0.21	11.0

NR = no recomendable

* Para fines prácticos, la profundidad mínima recomendada es de 0.90 m y la máxima de 11.00 m; aunque pueden ser utilizados valores más críticos.

8.1.2 Forma de la zanja

Dependiendo de la estabilidad del suelo y la profundidad de la zanja, se tendrán que utilizar ademes o taludes, según convenga.

8.2 CAMA DE APOYO O BASE

El tubo debe descansar sobre un lecho de material selecto libre de rocas, para proporcionarle un adecuado y unifor-

me soporte longitudinal. Si el material producto de excavación es compactable, podrá utilizarse colocándolo en una capa con espesor de 5 a 10 cm como mínimo.

En caso de que el fondo de la zanja sea de roca u otro material abrasivo, será necesario formar una cama de arena o material selecto de 15 cm de espesor.

Si hay presencia de agua en el fondo de la zanja, se debe colocar a manera de filtro una capa de piedra o grava (de preferencia canto rodado) con un espesor de 15 cm. El tamaño de las partículas no debe ser mayor de 12 mm (1/2"). Sobre esta capa se colocará posteriormente la cama de apoyo.

8.3 COLOCACIÓN DE TUBOS NOVAFORT

Como en todo proceso constructivo de sistemas de alcantarillado, la instalación de la tubería deberá iniciarse a partir del extremo aguas abajo de cada tramo.

La unión de los tubos **Novafort** se efectúa mediante el sistema espiga-casquillo con anillo elastomérico, que elimina los riesgos de una junta defectuosa y contribuye a mejorar la flexibilidad del sistema, ver Fig. 4.1.

El procedimiento para realizar la unión tubo a tubo se describe en la Tabla 8.4.

La tubería **Novafort** se suministra en longitudes totales de 6.0 metros. Sin embargo, es frecuente cortarla para alcanzar las longitudes exactas entre descargas domiciliarias y pozos de visita. Los cortes deben hacerse en los centros de los valles del tubo cortándolo lo más recto posible y a escuadra.

Una vez cortado el tubo, trace la marca tope de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8.3.

TABLA 8.3 MARCA TOPE PARA TUBOS NOVAFORT

Diámetro exterior (mm)	Longitud de penetración o marca tope (mm)	Ubicación de la marca tope	Indicaciones para la unión
110 160	54 67	Centro del cuarto valle de la espiga	Insertar la espiga hasta el centro del cuarto valle
200 250 315 400 450 600 750 900	86.0 111.0 130.0 156.0 151.5 202.2 242.7 260.1	Inicio del cuarto valle de la espiga	Insertar la espiga hasta el inicio del cuarto valle

8.4 RELLENO Y COMPACTACIÓN

El relleno de la zanja debe seguir a la colocación de la tubería tan pronto como sea posible. De esta manera se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún daño.

Inmediatamente después de la colocación del tubo, se debe proceder al relleno, compactando en capas de 0.10 m, iniciando por los costados de la tubería. Se utilizará para ello material granular fino o material seleccionado de la excavación, este material debe alcanzar un módulo de reacción del suelo E' por lo menos de 28 kgf/cm² (400 psi), ver Tabla 6.1. El relleno se continuará hasta una altura mínima de 15 cm sobre la corona del tubo; esta zona de la zanja es conocida como RELLENO INICIAL y no debe ser lanzado desde alturas superiores a 1.5 m para evitar, localmente, posibles deflexiones adicionales a la tubería.

El relleno se completará con el mismo material proveniente de la excavación y, en zonas con circulación vehicular, se deberá alcanzar un grado de compactación del 85 al 95% Proctor estándar, pudiendo utilizarse para ello equipo mecánico apropiado; esta zona se denomina RELLENO FINAL.

En zonas sin tránsito de vehículos, el RELLENO FINAL se podrá efectuar mediante volteo manual o mecánico, dejando un borde o lomo sobre el nivel del terreno para compensar el asentamiento ocasionado por la consolidación de los materiales.

En la Figura 8.1 se muestra un esquema de la sección transversal de una zanja típica, tanto en condición de tránsito vehicular como sin éste.

FIGURA 8.1
ZONAS DE RELLENO EN ZANJA TÍPICA

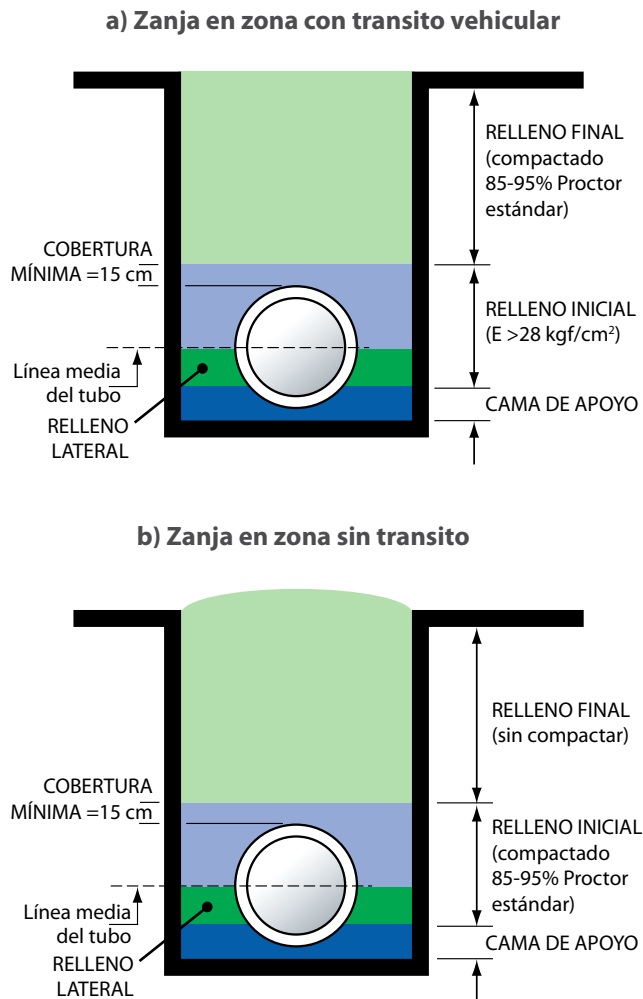


TABLA 8.4 PROCEDIMIENTO DE UNIÓN EN ZANJA DE TUBOS NOVAFORT



1. Bajada de tubos a la zanja

- Bajar con una soga los tubos al interior de la zanja.
- Colocar el tubo de aguas abajo con el casquillo hacia aguas arriba sobre la cama de arena previamente colocada.
- Excavar la concha en la cama de arena en el casquillo del tubo para evitar que este cargue y se pierda pendiente.



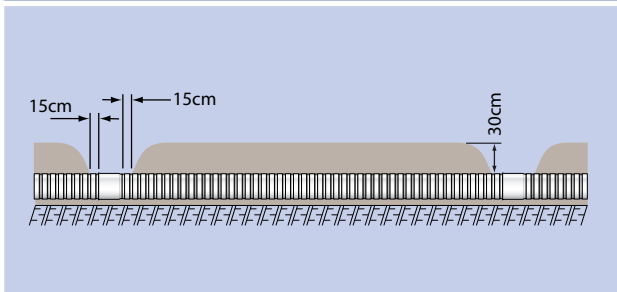
2. Inserción de los tubos

- Se limpia perfectamente el interior del casquillo del tubo aguas abajo y se retira la protección del empaque en la espiga del tubo que se va a insertar.
- Se procede a lubricar perfectamente el interior del casquillo y el anillo.
- Se alinean los tubos y se presiona para lograr la inserción, de ser necesario hacer palanca con la barreta usando el taquete de madera. Para no dañar el casquillo del tubo, es conveniente colocar un pequeño niple de tubo sin empaque dentro del casquillo para que el taquete se apoye en él.



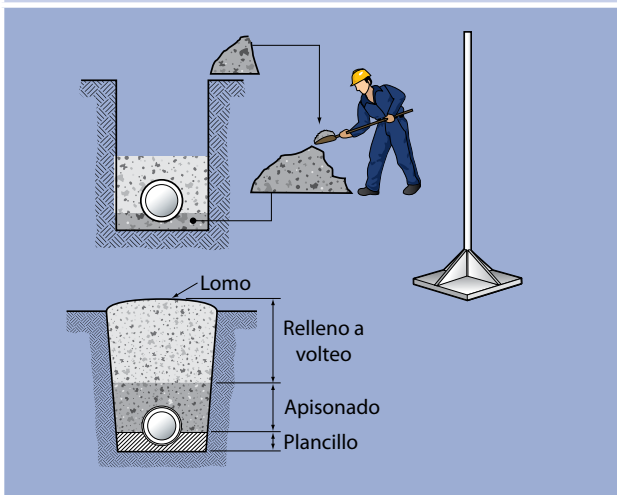
3. Comprobación

- Después de acoplar, girar la espiga dentro del casquillo en ambos sentidos (este paso puede omitirse cuando se tiene destreza en el acoplamiento).



4. Relleno inicial

- Iniciar el relleno compactado de la zanja inmediatamente después de realizado el acoplamiento, empezando por el acostillado.
- Se debe compactar al 85% proctor por lo menos hasta 30 cm arriba del lomo del tubo.
- Se deben dejar libres las uniones para realizar la prueba de hermeticidad.



5. Relleno final

- Una vez realizada y aprobada la prueba de hermeticidad se debe continuar con el relleno de la totalidad de la zanja.
- En zonas de tránsito vehicular se debe compactar el 100% del relleno.

La hermeticidad de las uniones se prueba de acuerdo con las instrucciones contenidas en la norma NOM-00 CNA-1995. Sistemas de Alcantarillado. Especificaciones de hermeticidad.

9. DESCARGAS DOMICILIARIAS Y UNIÓN A POZOS DE VISITA

9.1 INSTALACIÓN DE DESCARGAS DOMICILIARIAS.

9.1.1 Criterios de selección

Como puede observarse en los Capítulos 2 y 3 de este manual, existen yees y varios tipos de silletas para conectar las descargas domiciliarias a la red a 45°.

La selección depende del tipo de pared exterior del tubo (lisa o corrugada), del momento de su instalación (durante o después de la construcción de las atarjeas, o cuando ya este funcionando el sistema), de las condiciones ambientales (temperaturas altas, lluvias frecuentes), de las experiencias o especificaciones del organismo operador de agua, del costo de instalación de cada descarga, y de la disponibilidad de diámetro y facilidad de instalación hermética de cada pieza.

Hidráulicamente, una conexión a 45° funciona mejor que una a 90° porque genera menor pérdida de velocidad del fluido conducido, y contribuye a la capacidad de arrastre de la atarjea; además el riesgo de taponamiento es menor.

9.1.2 Procedimientos de instalación

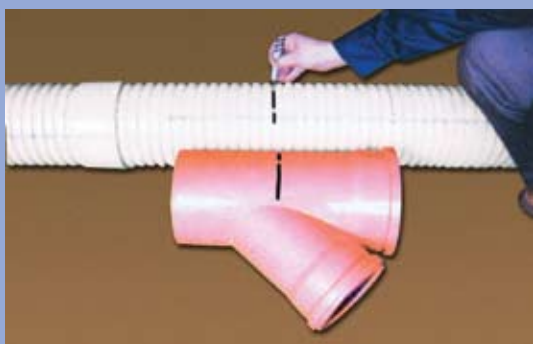
Una vez que se realicen las operaciones de descubrir (si la red de atarjeas ya existe), y excavar la zanja de la descarga domiciliaria con la profundidad y pendiente adecuadas, pueden llevarse a cabo los siguientes procedimientos para una descarga conectada a 45°:

- Utilizando Yee, ver Tabla 9.1.
- Utilizando Tee-Yee, ver Tabla 9.2.
- Utilizando silleta cementar durante o después de la instalación de la atarjea, ver Tabla 9.3

La silleta cementar puede acoplarse con un anillo de hule o pegada con cemento. Para su conexión es necesario conectar previamente un cople largo liso en el lugar apropiado de la atarjea y seguir el procedimiento de unión para tubos de pared exterior lisa.



TABLA 9.1 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LA DESCARGA DOMICILIARIA EN TUBERÍA NOVAFORT, UTILIZANDO YEE



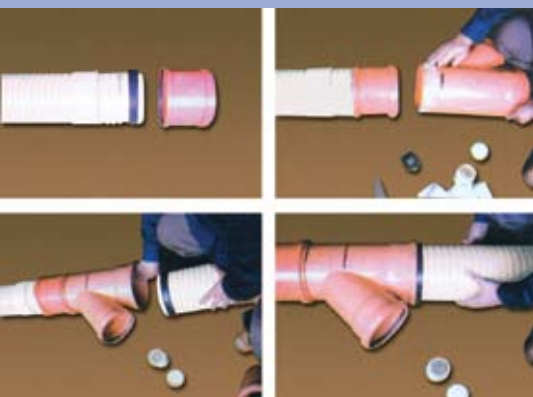
1. Ubicación de la descarga

- Localizar el eje de la descarga y marcar la ubicación de la Yee en la totalidad del diámetro.



2. Corte del tubo de la atarjea

- Cortar el tubo Novafort que recibirá al Cople y a la Yee, ubicar la marca tope de penetración del Cople.



3. Colocación de Cople y Yee

- Se coloca el empaque en el primero y segundo valle de la espiga del tubo Novafort y se limpia la campana del Cople.
- En el caso de usar Cople se debe lubricar su campana y realizar la inserción hasta la marca tope.
- Se limpia y lubrica la espiga de la Yee y se inserta en el Cople. (si la Yee tiene casquillo en lugar de espiga se lubrica el casquillo y se inserta en la espiga del tubo).
- Se inserta la espiga del tubo Novafort en la campana de la Yee hasta la marca tope (visible).



4. Unión de la descarga

- Una vez colocadas en su sitio ambas conexiones, se procede a insertar en la Yee el Codo de 45° del diámetro deseado para realizar la descarga.
- Se limpia el polvo del interior de la campana de la Yee y la espiga del Codo 45°.
- Lubricar la espiga del Codo 45°.
- Colocar el Codo frente a la campana de la Silleta y con un movimiento rápido y firme se introduce la espiga dentro de la campana hasta la marca tope, (90% de la longitud de la campana).
- Acoplar el tubo Novafort de la descarga al Codo 45° siguiendo los pasos que marca el procedimiento de unión de tubos Novafort.

TABLA 9.2 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LA DESCARGA DOMICILIARIA EN TUBERÍA NOVAFORT, UTILIZANDO TEE-YEE



1. Corte del tubo de la atarjea

- Presentar la Tee-Yee sobre el tubo de la atarjea.
- Marcar el punto exacto y cortar el tubo de la atarjea.
- Remover las rebabas generadas en el corte.



2. Colocación del empaque

- Colocar un empaque **Novafort** en cada nuevo extremo generado del tubo para hacer una unión hermética.



3. Lubricación

- Colocar lubricante tanto en la parte interior de las campanas de la Tee-Yee como en la espiga del tubo (incluyendo los empaques **Novafort**).



4. Unión

- La unión se puede someter a prueba de hermeticidad una vez terminado el trabajo de unión de la última conexión colocada; no se requiere tiempo de secado adicional.

TABLA 9.3 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LA DESCARGA DOMICILIARIA EN TUBERÍA NOVAFORT, UTILIZANDO SILLETA CEMENTAR.



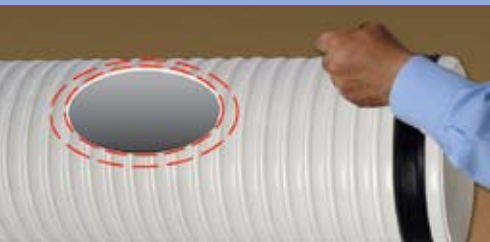
1. Marcar la perforación del tubo

- Ubicar perfectamente el punto donde se hará la descarga.
- Presentar la Silleta sobre el tubo de la atarjea.
- Marcar el contorno del asiento de la Silleta sobre el lomo del tubo.



2. Perforación del tubo

- Perforar el tubo de la atarjea siguiendo el marcado realizado en el paso anterior.
- Remover las rebabas generadas en el corte.



3. Limpieza

- Limpiar perfectamente un ancho de 2 cm alrededor de la perforación del tubo de la atarjea.
- Limpiar también un ancho de 2 cm en la parte inferior del asiento de la Silleta a unir.



4. Colocación de adhesivo

- Una vez terminado, aplicar un cordón de adhesivo Nova 350 en la zona de la Silleta que se limpió, siguiendo el contorno de la derivación de la Silleta, cuidando que éste cordón cierre perfectamente.



5. Unión de la Silleta

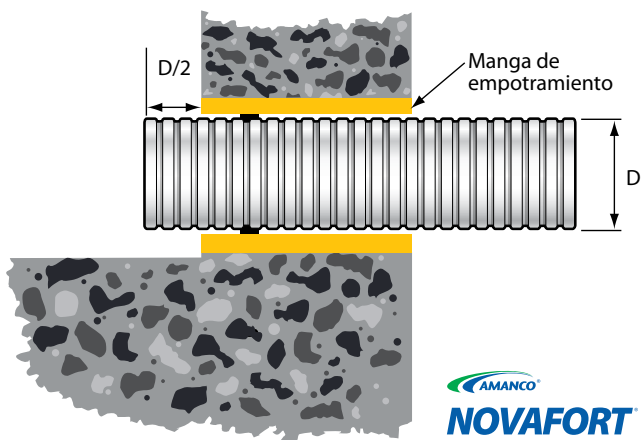
- Colocar la Silleta presionándola contra el lomo del tubo para que se genere una correcta unión.
- Colocar un sujetador en cada extremo de la Silleta para garantizar que no se mueva durante el periodo de secado del adhesivo Nova 350
- Deje secar aproximadamente 3 horas para realizar la prueba de hermeticidad.

9.2 UNIÓN DE TUBOS NOVAFORT A POZOS DE VISITA

Mediante las mangas de empotramiento, fabricadas con poliuretano, es posible hacer la unión hermética a cualquier pozo de visita construido con mampostería de tabique o de piedra, de concreto, o prefabricado de concreto reforzado; y proteger al tubo de posibles asentamientos diferenciales en la unión.

La unión de tubos **Novafort** a pozos de visita de mampostería debe realizarse siempre con extremos espiga herméticamente unidos, con su empaque, a la manga de empotramiento, ver Figura 9.3.

FIGURA 9.3
UNIÓN A POZOS DE VISITA DE MAMPOSTERÍA



Para las pruebas de hermeticidad en campo, la espiga de los tubos con los que se realizó la unión a los pozos de visita debe sobresalir una distancia de aproximadamente medio diámetro a partir de la manga de empotramiento para poder conectar los tapones en el interior del pozo. De lo contrario se hace necesario el uso de tapones de expansión mecánica o neumática.



Algunos pozos de visita como los prefabricados de concreto y los de asbesto-cemento, así como los fabricados con materiales plásticos tienen conexiones que reciben directamente al tubo, ver Figura 9.4.

FIGURA 9.4
CONEXIÓN A POZO DE VISITA PLÁSTICO



Las caídas adosadas a pozos de visita comunes, especiales o pozos caja pueden construirse con las conexiones disponibles para el sistema **Novafort**, en diámetros de 200, 250 y 315 mm con un desnivel de hasta 2 m, ver Figura 2.1.

10. PRUEBAS DE HERMETICIDAD EN CAMPO

El diseño de la unión casquillo-espiga con anillo elástico, garantiza absoluta hermeticidad. Sin embargo, es necesario asegurar que las uniones tubo con tubo, tubo con conexión o tubo con pozo de visita, se hayan realizado correctamente.

Lo anterior se logra al efectuar la prueba de hermeticidad con cualquiera de los dos métodos descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CNA-1995, Sistema de Alcantarillado Sanitario. Especificaciones de Hermeticidad: la prueba hidrostática o la prueba con aire a baja presión.

Para hacer una selección del tipo de prueba a realizar se deben considerar varios aspectos, como el costo del agua y la seguridad de los procedimientos en obra.

10.1 PRUEBA HIDROSTÁTICA.

Equipo necesario:

- Bomba hidráulica manual (de émbolo), equipada con manómetro de capacidad apropiada (0 a 1 kgf/cm² de amplitud de escala y división mínima de 0.01 kgf/cm²).
- Válvula o dispositivo de purga.
- Válvula de retención.
- Medidor de volumen (división de escala de 0.1 litro).
- Tubería flexible para acoplar la bomba a la tubería que se va a probar.
- Cronómetro.
- Calculadora.

Material necesario:

- Dos tapones para colocarlos a las llegadas de la tubería a cada pozo; si la unión entre la línea a probar y los pozos de visita se realizó con coples, se requieren cuatro espigas con su empaque Novafort en cada extremo, dos tapas y dos coples largos lisos, en caso contrario, se requieren un par de tapones de expansión mecánica o neumática.
- Dos abrazaderas (para colocar las válvulas y el equipo de pruebas sobre los coples largos).
- Agua suficiente de preferencia no potable.

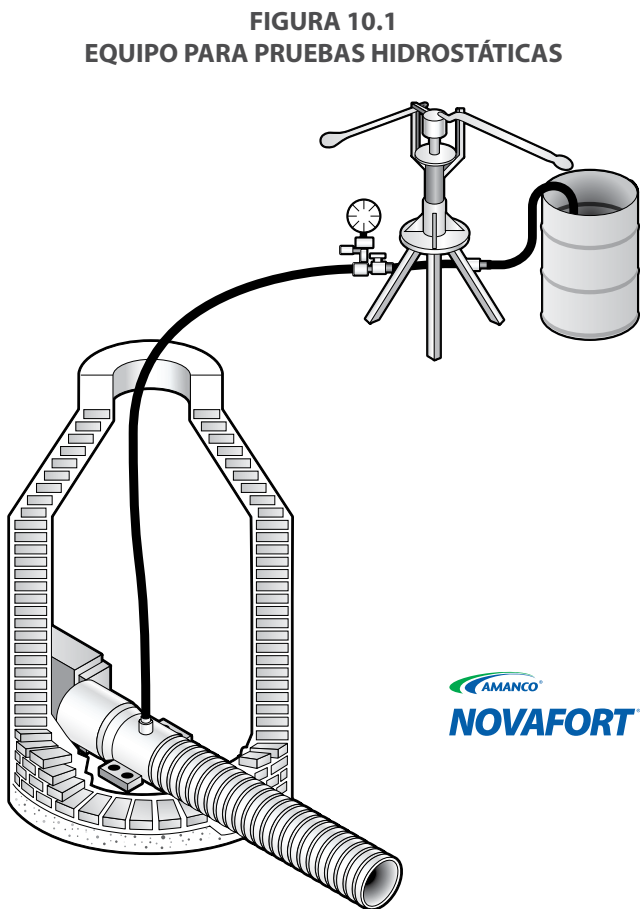


FIGURA 10.1
EQUIPO PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

Si las descargas domiciliarias ya están instaladas:

- Un tapón y una abrazadera por cada descarga.
- Válvula o dispositivo de purga por cada descarga.

Los diámetros de los tapones y abrazaderas deben corresponder al de la tubería a la que se acoplarán.

TABLA 10.1
VOLUMEN DE AGUA POR METRO DE
LONGITUD EN LITROS NECESARIOS PARA REALIZAR
LA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS NOVAFORT.

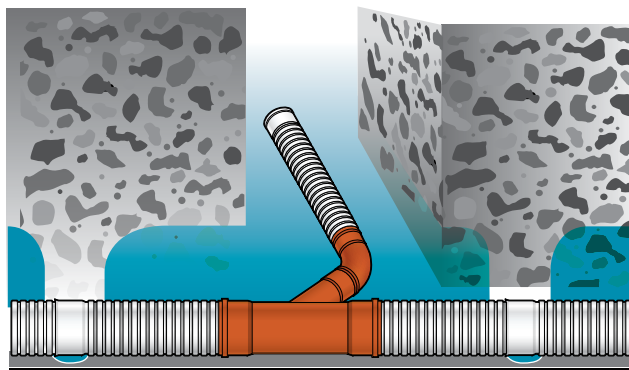
Diámetro nominal (mm)	Novafort (l/m)
110	8.0
160	16.7
200	26.3
250	41.2
315	65.6
400	105.8
450	159.0
600	271.5
750	441.8
900	636.2

Preparación de la prueba

Un tramo de tubería listo para probarse debe llenar los siguientes requisitos:

La tubería debe estar correctamente apoyada y el relleno de la zanja debe ser parcial, compactado a una altura de 30 cm sobre el lomo del tubo (las uniones deben quedar visibles), ver figura 10.2.

FIGURA 10.2
PREPARACIÓN DE TUBERÍA A PROBAR



Los tapones que se utilicen deben ser lo suficientemente resistentes y estar colocados en forma adecuada y atracados (en caso de que proceda) para resistir el empuje que se genera durante la prueba sin dañar el tubo, ver Figura 10.3.

**FIGURA 10.3
INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBAS**



Las abrazaderas deben colocarse sobre los coples largos lisos o sobre la línea en caso necesario, colocando previamente un cople largo liso en el lugar apropiado.

El equipo de prueba se instalará en el extremo aguas abajo de la línea y las válvulas o dispositivos de purga deben instalarse en el extremo aguas arriba de la línea a probar y en las descargas domiciliarias.

Ejecución de la prueba

1. Llenar lentamente con agua la línea hasta asegurar que el aire es expulsado totalmente por las válvulas o los dispositivos de purga y verificar que no existan fugas. Después de realizar esta operación, dejar el tubo lleno de agua una hora y posteriormente efectuar la prueba.

2. Aumentar la presión en la tubería hasta 0.5 kgf/cm² durante 15 minutos, si es necesario, agregar constantemente la cantidad de agua requerida para mantener la presión de prueba que normalmente disminuye debido a la elasticidad de los tubos (la elasticidad aumenta cuando se incrementa la temperatura ambiente) y al acomodamiento de los anillos de hule, en tal caso la cantidad de agua agregada debe medirse, dicha cantidad no debe ser mayor a 0.02 l/m² de superficie interna mojada, para cualquier diámetro de tubería.

3. Recorrer la línea y verificar que no existan fugas. Si se detecta algún acoplamiento defectuoso, debe drenarse la línea, hacerse la reparación correspondiente, purgar nuevamente y repetir la prueba.

4. Una vez aprobada la prueba, el responsable de la instalación debe recibir la línea. El informe de la prueba debe incluir:

- La identificación completa del tramo probado.
- El resultado obtenido.
- La referencia del método de prueba.
- Nombre y firma del supervisor.

**TABLA 10.2
VOLUMEN DE AGUA AGREGADA ADMISIBLE EN TUBERÍAS NOVAFORT, DURANTE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA. (En litros por metro de tubo)**

Diámetro nominal (mm)	Volumen (l/m)
110	0.006
160	0.009
200	0.011
250	0.014
315	0.018
400	0.023
450	0.028
600	0.038
750	0.047
900	0.057

10.2 PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN

Esta prueba, que es más económica y rápida que la hidrostática, puede aplicarse, previa autorización de la supervisión, cuando se tiene el conocimiento, equipo y experiencia adecuados. El comportamiento del aire como material para probar tuberías enterradas puede basarse en las conclusiones de las investigaciones realizadas des-

de 1964 por Roy Edwin Ramseier; publicado por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

La prueba puede llevarse a cabo en tuberías con diámetro nominal de hasta 91 cm (36"), probando líneas de pozo a pozo de visita.

Se debe explicar a todo el personal involucrado que si no se tiene bien controlada la magnitud de la presión a través de manómetros y válvulas de seguridad bien calibradas, la prueba no debe realizarse ya que existe un alto riesgo de explosividad. La presión máxima que debe manejarse es de 0.6 kgf/cm².

Equipo mínimo necesario (ver Fig. 10.4):

- Compresor.
- Manómetro con amplitud de escala de 0 a 1 kgf/cm² (0 a 14.22 psi) y división mínima de escala de 0.01 kgf/cm² (0.142 psi).
- Válvula de cierre.
- Válvula de regulación de presión.
- Válvula de alivio.
- Cronómetro.

FIGURA 10.4
EQUIPO PARA PRUEBAS CON AIRE A BAJA PRESIÓN



Material necesario:

- Tapones neumáticos (si no se cuenta con tapones neumáticos y la unión entre la línea a probar y los pozos de visita se realizó con coples, se requieren tres niples **Novafort** con empaques en cada extremo, dos tapas, un cople largo liso y una abrazadera para colocar el equipo de pruebas).

Si las descargas domiciliarias ya están instaladas:

- Un niple Novafort con empaques en cada extremo y una tapa por cada descarga.

Preparación de la prueba

La tubería debe estar correctamente apoyada y el relleno de la zanja debe ser parcial, compactado a una altura de

30 cm sobre el lomo del tubo (las uniones deben quedar visibles).

Para evitar que se introduzca agua a la tubería (sobre todo en lugares con nivel freático alto) es recomendable colocar primero el tapón aguas arriba y enseguida el tapón aguas abajo.

Es extremadamente importante que todos los tapones estén instalados y atracados, para evitar su expulsión violenta y causar graves daños debido a la fuerza de empuje generada. Por ejemplo: una presión interna de 0.35 kgf/cm² (5 psi) ejercida en un tubo de 20 cm de diámetro desarrolla una fuerza de 113 kgf sobre los tapones de sus extremos y de 1,021 kgf si el tubo es de 63 cm de diámetro. Debemos tener muy presente que la recomendación de presión máxima para evitar daños personales es de 0.6 kgf/cm² (9 psi).

Cuando se utilicen tapones neumáticos se recomienda probarlos en un tramo de tubo fuera de la zanja a una presión de 0.6 kgf/cm² (9 psi) verificando que ninguna persona se encuentre en dirección del eje longitudinal del tubo con el fin de evitar accidentes personales.

Si los tapones se conservan en su lugar sin necesidad de atracarlos, entonces pueden ser utilizados. Es indispensable seguir rigurosamente las instrucciones de operación del fabricante de los tapones neumáticos.

Para asegurar que la presión máxima de prueba no rebase los 0.6 kgf/cm² (9 psi) es indispensable utilizar un regulador o la válvula de seguridad ajustada a dicho valor.

Ejecución de la prueba

La prueba debe llevarse a cabo siguiendo los pasos mencionados a continuación:

1. Presurizar la línea lentamente hasta alcanzar una presión de 0.3 kgf/cm² (4 psi) por arriba del promedio de la contrapresión generada por el nivel freático (cuando exista), pero nunca mayor a 0.6 kgf/cm² (9 psi).
2. Una vez alcanzados los 0.3 kgf/cm² (4 psi) de presión se regula ("estrangulando" la línea de alimentación) para mantenerla durante dos o más minutos. Este tiempo permite que la temperatura del aire se estabilice con la temperatura de las paredes del tubo (estabilización de la presión).
3. Se retira la manguera de alimentación y monitorea continuamente el manómetro mientras la presión decrece a no menos de 0.25 kgf/cm² (3.5 psi) sobre la contrapresión del nivel freático. A partir de este momento se debe comenzar a medir el tiempo de caída de presión, con el

cronómetro. El criterio para la aceptación de las líneas probadas determina un tiempo para una caída de presión específica. Tradicionalmente la caída de presión es de 0.07 kgf/cm² (1 psi), sin embargo pueden ser especificados otros valores de caída de presión. Si se especifica una caída de presión de 0.035 kgf/cm² (0.5 psi) el tiempo requerido para esta caída de presión será la mitad del requerido para 0.07 kgf/cm² (1 psi).

4. Si el tiempo mostrado en la tabla para caídas de presión de 0.07 kgf/cm² (1 psi) o 0.035 kgf/cm² (0.5 psi) respectivamente, transcurre sin alcanzar la caída de presión preestablecida, la línea probada se acepta considerándola libre de defectos. La prueba puede ser suspendida una vez que pasado el tiempo la caída de presión no se ha presentado. Si la caída de presión ocurre antes del tiempo especificado en la tabla, la pérdida de aire debe ser considerada excesiva y por lo tanto se rechaza la línea.

El contratista debe localizar con sus propios recursos la fuente (o fuentes) de fuga y debe reparar y/o reemplazar todos los materiales defectuosos. Una vez efectuadas las reparaciones, se realiza de nuevo la prueba. Una forma práctica de localizar las fugas es aplicando jabonadura con una esponja en las uniones.

5. Aprobada la prueba, el responsable de la instalación debe recibir la línea y elaborar un informe de la prueba que debe incluir:

- La identificación completa del tramo probado.
- El resultado obtenido.
- La referencia del método de prueba.
- El nombre y firma del supervisor.

La ecuación de Ramseier para definir el tiempo de prueba con aire a baja presión es:

$$T = 1.02 \frac{dk}{q}$$

Donde:

$$k = 0.0541 \cdot d \cdot L \geq 1$$

$$q = \text{fugas permisibles} = 0.0005 \text{ [m}^3 \text{ / min / m}^2 \text{]}$$

$$d = \text{Diámetro del tubo (m)}$$

$$L = \text{Longitud del tubo (m)}$$

10.2.1 Ejemplos

Ejemplo A

- Se tiene una línea de tubería **Novafort** de 315 mm de diámetro nominal con una longitud de 100 m entre pozo y pozo de visita, con descargas domiciliarias. ¿Cuál es el tiempo de prueba requerido para una caída de presión de 0.035 kgf/cm² (0.5 psi)?

TABLA 10.3
TIEMPO MÍNIMO REQUERIDO PARA UNA CAÍDA DE PRESIÓN DE 0.070 kgf/cm² (1.0 psi) EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE PRUEBA PARA q= 0.000457 m³/min/m(Uni-b-90) EN TUBERÍA NOVAFORT

Diámetro nominal Novafort	Diámetro interior promedio Novafort	Tiempo mínimo de prueba	Longitud máxima para tiempo mínimo Lm	Tiempo para una longitud dada (L)>Lm, en seg.	Tiempo especificado para algunas longitudes dadas (L), en min:seg				
					50 m	75 m	100 m	125 m	150 m
110	101	3:45	183	1.232L	3:45	3:45	3:45	3:45	3:45
160	146	5:26	127	2.575L	5:26	5:26	5:26	5:26	6:26
200	183	6:48	101	4.045L	6:48	6:48	6:48	8:26	10:07
250	229	8:31	81	6.335L	8:31	8:31	10:33	13:12	15:50
315	289	10:45	64	10.089L	10:45	12:37	16:49	21:01	25:13
400	367	13:39	50	16.270L	13:39	20:20	27:07	33:54	40:41
450	450	15:48	42	22.523L	18:48	28:12	37:37	47:01	56:26
600	588	20:39	32	38.717L	32:16	48:24	64:32	80:40	96:49
750	750	26:21	25	63.240L	52:42	79:03	105:24	131:45	158:06
900	900	31:37	21	90.328L	75:17	112:56	150:34	188:13	225:51

TABLA 10.4
TIEMPO MÍNIMO REQUERIDO PARA UNA CAÍDA DE PRESIÓN DE 0.035 kgf/cm² (0.5 psi) EN FUNCIÓN
DE LA LONGITUD DE PRUEBA PARA $q= 0.000457 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$ (Uni-b-90) EN TUBERÍA NOVAFORT

Diámetro nominal Novafort	Diámetro interior promedio Novafort	Tiempo mínimo de prueba	Longitud máxima para tiempo mínimo Lm	Tiempo para una longitud dada (L)>Lm, en seg.	Tiempo especificado para algunas longitudes dadas (L) , en min:seg				
					50 m	75 m	100 m	125 m	150 m
mm	mm	min:seg	m	(L) en m					
110	101	1:53	183	0.616L	1:53	1:53	1:53	1:53	1:53
160	146	2:43	127	1.287L	2:43	2:43	2:43	2:41	3:13
200	183	3:24	101	2.023L	3:24	3:24	3:22	4:13	5:03
250	229	4:16	81	3.167L	4:16	4:16	5:17	6:36	7:55
315	289	5:23	64	5.045L	5:23	6:18	8:24	10:31	12:37
400	367	6:50	50	8.135L	6:50	10:10	13:34	16:57	20:20
450	450	7:54	42	11.261L	9:24	14:06	18:49	23:31	28:13
600	588	10:20	32	19.358L	16:08	24:12	32:16	40:20	48:25
750	750	13:10	25	31.620L	26:21	39:32	52:42	65:53	79:03
900	900	15:49	21	45.164L	37:39	56:28	75:17	94:07	112:56

Respuesta: El tiempo de prueba requerido puede ser leído directamente de la Tabla 10.4 y es de 8 minutos, 24 segundos; para fines prácticos las descargas domiciliarias no influyen en los valores especificados para líneas sin descargas domiciliarias.

Ejemplo B

• ¿Cuál será el tiempo de prueba requerido para una caída de presión de 0.070 kgf/cm² (1 psi) en una línea de tubería **Novafort** de 75 m de longitud entre pozo y pozo de visita, con un diámetro nominal de 200 mm?

Respuesta: De la tabla 10.3 para tubería de 200 mm el tiempo de prueba requerido es de 6 minutos, 48 segundos.

10.3 PRUEBA DE HERMETICIDAD EN POZOS DE VISITA.

En este caso la prueba que se utiliza es la hidrostática y debe llevarse a cabo en todos los pozos de visita construidos o instalados en obra y con la tubería conectada.

Equipo y material necesario:

- Medidor de volumen (división de escala de 0.1 litro).
- Cronómetro.
- Calculadora.
- Tapones para colocarlos a las llegadas y salidas de la tubería al pozo, si la unión entre la tubería y los pozos de visita se realizó con coples se requieren, por cada llegada y salida del pozo, cuatro espigas con su empaque **Novafort** en cada extremo y tapas, en caso contrario, se requieren tapones de expansión mecánica o neumática, en la misma cantidad y diámetro de cada llegada o salida al pozo.
- Agua en cantidad suficiente (de preferencia no usar agua potable).

Preparación de la prueba

Usando los tapones, se bloquean herméticamente los tubos conectados al pozo y se llena de agua para saturarlo.

Los pozos construidos con tabique y mortero de cemento-arena, fabricados *in situ* o prefabricados, deben saturarse durante las 24 horas antes de la prueba. Las manchas de humedad o gotas en la pared de los pozos ocasionadas por la saturación inicial no necesariamente indican falta de hermeticidad.

Ejecución de la prueba

1. Una vez saturado el pozo, agregar agua hasta tener lleno el pozo hasta la altura del brocal y mantener el nivel durante 15 minutos, si es necesario agregar constantemente la cantidad de agua requerida para sustituir el volumen de agua absorbido. Esta cantidad de agua agregada debe ser medida.

2. Para que sea aprobada la prueba, la cantidad de agua agregada durante los 15 minutos de prueba debe ser inferior al valor, que resulte de la siguiente expresión:

$$V = 4\phi h$$

donde:

- V**, Volumen permitido por agregar en una hora (l/h).
- φ**, Diámetro de la base del pozo de visita (m).
- h**, Carga hidráulica (m).

3. Si el volumen de agua sobrepasa el límite permisible, el contratista debe corregir la fuga y volver a probar el pozo hasta alcanzar los requerimientos de la prueba. El informe de la prueba debe incluir:

- La identificación completa del pozo probado.
- El resultado obtenido.
- La referencia del método de prueba.
- Nombre y firma del supervisor.

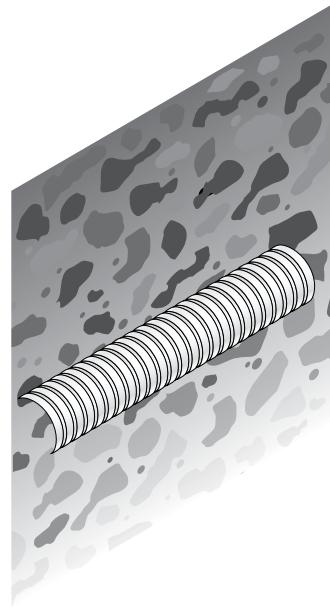
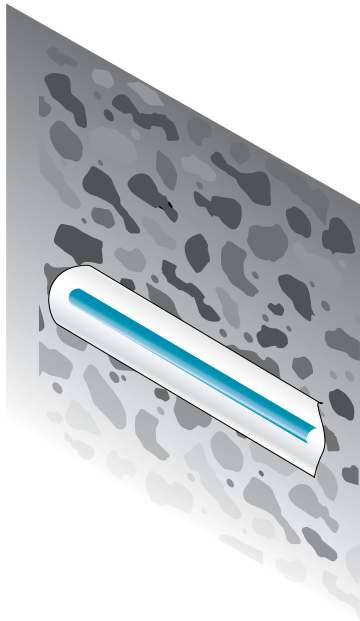
11. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

11.1 DESAZOLVE CON EQUIPO DE PRESIÓN - VACÍO.

Para realizar los trabajos de limpieza y desazolve de la red de alcantarillado **Novafort** sin ocasionar daño físico a la tubería, se debe evitar el uso de equipos con punta de lanza, navajas y sierras, cuya utilización además puede ser muy riesgosa y no es necesaria ya que **Novafort** no permite la intrusión de raíces y por su superficie interior lisa es más fácil de retirar el material que se deposite en su superficie.

Para el proceso de desazolve de una línea, se introduce a la tubería el carrete, o la manguera del equipo por un pozo de visita; enseguida, se lanza el chorro de agua a alta presión para remover el tapón que obstruye el conducto. Dependiendo del taponamiento y de la capacidad del equipo, las presiones pueden oscilar de 60 hasta 2500 psi.

El lodo resultante se extrae por medio del tubo de succión colocado en el mismo pozo o en otro que esté aguas abajo, ver Figura 11.1. Dependiendo del equipo utilizado, se podrán succionar los residuos al tanque de lodos del mismo camión o retirarlos del lugar por medio de palas, carretillas, cubetas o cangilones.



siguientes generaciones, en las que será imperativo ser ecoeficiente.

FIGURA 11.2
INSPECCIÓN CON CÁMARA DE VIDEO

12. TABLAS DE FACTORES DE CONVERSIÓN

Unidades de Presión	Pa(=N/m ²)	MPa (=N/mm ²)	bar	kgf/cm ²	Torr	psi
1 Pa = 1 N/m ²	1	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	1.02 x 10 ⁻⁵	0.0075	1.45 x 10 ⁻⁴
1 MPa = 1 N/mm ²	10 ⁶	1	10 ⁵	10.2	7.5 x 10 ³	144.991
1 bar	10 ⁵	0.1	1	1.02	750	14.499
1 kgf/cm ²	98,100	9.81 x 10 ⁻²	0.981	1	736	14.223
1 Torr	133	0.133 x 10 ⁻³	1.33 x 10 ⁻³	1.36 x 10 ⁻³	1	0.019
1 psi	6,897,134	6.897 x 10 ⁻³	6.897 x 10 ⁻²	0.07031	51.746	1

Unidades de Longitud	plg	pie	cm	mm	m	km
1 plg (in)	1	0.08333	2.54	25.4	0.0254	-
1 pie (ft)	12	1	30.48	304.8	0.3048	-
1 cm	39.37 x 10 ⁴	3,281 x 10 ⁻⁵	1	10	0.01	10 ⁻⁵
1 mm	0.039337	3,281 x 10 ⁻⁶	0.1	1	0.001	10 ⁻⁶
1 m	39.37	3.281	100	1,000	1	0.001
1 km	39,370	3,281	10 ⁵	10 ⁶	1,000	1
1 yd	36	3	-	-	-	-

Unidades de Área	plg ²	pie ²	cm ²	dm ²	m ²	
1 plg ²	1	-	6.452	0.06452	64.5 x 10 ⁻⁵	
1 pie ²	144	1	929	9.29	0.0929	
1 cm ²	0.155	-	1	0.01	0.0001	
1 dm ²	15.5	0.1076	100	1	0.01	
1 m ²	1550	10.76	10,000	100	1	
1 yd ²	1,296	9	8,361	83.61	0.8361	

Unidades de Volumen	plg ³	pie ³	cm ³	dm ³ (litros)	m ³	galón
1 plg ³	1	-	16.39	0.01639	-	-
1 pie ³	1,728	1	28,320	28.32	0.0283	-
1 cm ³	0.06102	3,531 x 10 ⁻⁸	1	0.001	10 ⁻⁶	264 x 10 ⁻⁶
1 dm ³ (litros)	61.02	0.03531	1,000	1	0.001	0.2642
1 m ³	61,023	3,531	10 ⁶	1,000	1	264.20
1 galón (EUA)	-	-	3.785 x 10 ⁻³	3.785	3,785	1

Unidades de Gasto o Caudal

1 l/s = 15.85 GPM
1 m³/s = 1000 l/s

Unidades de Fuerza

1 kgf = 9.80681 N
1 kgf = 2.2047 pound force

Unidades de Energía

1 Joule = 1N.m = 0.102 kgf.m
1 Joule = 0.7376 pound force.foot

Diseño: K1 Diseño, (editorial, Juan Carlos Molar; ilustración, Mariana Ramos) k1diseño@k1diseño.com

Directorio

CORPORATIVO

Río San Javier No.10
Fracc. Viveros del Río, C.P. 54060
Tlalnepantla, Edo. de México.
Tel.: 01(55) 5366 4000
Fax: 01(55) 5366 4163

PLANTAS LEÓN

Proveedores No. 104
Fracc. Industrial de León, C.P. 37490
León, Guanajuato.
Tel.: 01(477) 710 9500
Fax: 01(477) 710 9501 / 02

MONTERREY

Modesto Alanís No. 2400 Entre
Benemérito de las Américas y Vía
Tampico, C.P. 67110, Guadalupe, N.L.
Tel.: 01(81) 8327 5320 / 21 / 22
Fax: 01(81) 8327 5885

CUAUTITLÁN

Av. Ciencia No.1
Fracc. Ind. Cuamatla, C.P. 54730
Cuautilán, Edo. de México.
Tel.: 01(55) 5899 9902

HERMOSILLO

Blvd. de los Seris (esq. Blvd. de los
Olivos), Parque Industrial, C.P. 83299
Hermosillo, Sonora.
Tel.: 01(622) 510 038 / 134 / 135

MÉRIDA

Tablaje Catastral 18910 s/n
Tixcacal Opichen, C.P. 97314
Mérida, Yucatán.
Tel.: 01 (999) 912 9752 / 403

BODEGA DE CONEXIONES LEÓN

Blvd. Hermanos Aldama No. 2422
Fracc. Pompa, C.P. 37530
León, Guanajuato.
Tel.: 01 (477) 763 6716 / 07 / 13

SUCURSALES CULIACÁN

Av. Oriente, No. 400 Int. B
Col. Las Flores, C.P. 80159
Culiacán, Sinaloa.
Tel.: 01 (667) 717 0467 / 68
Fax: 01 (667) 717 0466

GUADALAJARA

Calle 30 No. 2640, Zona Industrial
Sector Juárez, C.P. 44940
Guadalajara, Jalisco.
Tel.: 01 (33) 3145 0116 / 62 / 93
Fax: 01 (33) 3145 0127

MÉRIDA

Mz. 1025 Sección Catastral 23 No. 628
Calle 40, Fracc. Juan Pablo II, C.P. 97246
Tel.: 01 (999) 182 1011 / 12
Fax: 01 (999) 182 0903

OAXACA

Carr. Oaxaca-México Km. 7
Hacienda Blanca, C.P. 68039
Oaxaca, Oaxaca.
Tel.: 01 (951) 518 7891 / 92 / 93
Fax: 01 (951) 518 7890

TEPOTZOTLÁN

Av. de la Industria, Lote 4
Fracc. Industrial El Trébol, C.P. 54600
Tepotzotlán, Edo. de México.
Tel.: 01 (55) 5899 8385
Fax: 01 (55) 5899 8392

OFICINAS ACAPULCO

Av. Cuauhtémoc No. 500 Mz. 3 Loc. 23
Fracc. Morroquín, C.P. 39640
Centro Comercial, Acapulco, Guerrero.
Tel.: 01 (744) 486 6271

MORELIA

Av. Camelinas No. 1580
Col. Bosques de Camelinas, C.P. 58290
Morelia, Michoacán.
Tel.: 01 (443) 324 7002

PUEBLA

Km. 15.5 Carr. Fed. Puebla-Tlaxcala
Santo Toribio Xicohtzincó, C.P. 90780
(Oficinas Mexichem Tlaxcala)
Tlaxcala, Tlaxcala.
Tel. 01 (222) 211 9120 ext. 190 al 194

SAN LUIS POTOSÍ

Eje 106 s/n Zona Industrial, C.P. 78395
(Oficinas Mexichem Fluor, S.A. de C.V.)
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel.: 01 (444) 826 7726
Fax: 01 (444) 824 5816

TORREÓN

Av. Hidalgo No. 1992 Ote.
Col. Centro, C.P. 27000
Torreón, Coahuila.
Tel.: 01 (871) 717 3399
Fax: 01 (871) 717 7931

TUXTLA

Calzada al Sumidero No. 1257-C,
Local 4, Plaza San Miguel.
Col. Las Delicias, C.P. 29010
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Tel.: 01 (961) 616 9442 / 411

VERACRUZ

Paseo de los Juncos No. 885-B
(entre Paseo de los Robles y Bambú)
Fracc. Floresta, C.P. 91940
Veracruz, Veracruz.
Tel.: 01 (229) 980 4334

VILLAHERMOSA

Paseo de la Ceiba No. 102-202
Col. Primero de Mayo, C.P. 86190
Villahermosa, Tabasco.
Tel.: 01 (993) 352 2104 / 315 3494

MOCHIS

Blvd. 10 de Mayo No. 1468-2
Esq. con Ignacio Allende
Fracc. Las Fuentes, C.P. 81223
Los Mochis, Sinaloa.
Tel.: 01 (668) 817 2793 / 2635



Más Innovación en Tuberías

01 800 326 2620 www.amanco.com.mx

Conducimos AGUA, llevamos VIDA

