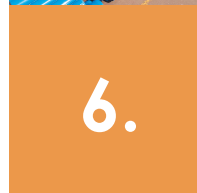
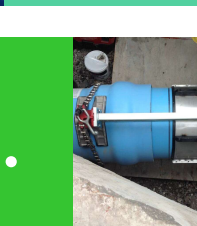
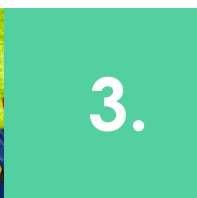
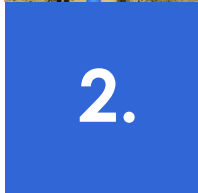
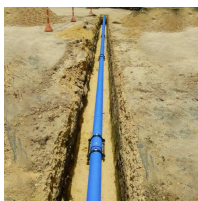
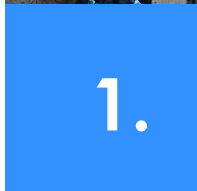




Manual Técnico
Sistema PVC C900 redes
contra incendios enterradas

Contenido



1. Introducción 4

2. Aspectos Generales 5

3. Normas y certificaciones 7

4. Descripción general 9

- 4.1 Dimensiones de la tubería 10
- 4.2 Presión de Trabajo 10
- 4.3 Condiciones extremas 10
- 4.4 Vida Útil 11
- 4.5 Uso Recomendado 11
- 4.6 Portafolio de Accesorios y complementos 12
 - 4.6.1 Accesorios en PVC 12
 - 4.6.2 Accesorios en hierro ductil 14
 - 4.6.3 Restrictores de movimiento y transición 16

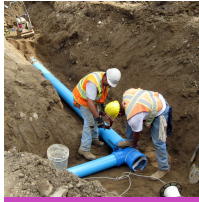
5. Tipo de Juntas 20

- 5.1 Procedimiento Instalación de Juntas 21

6. Manejo, Transporte y Almacenamiento 23

- 6.1 Antes de aceptar el material en obra 24
- 6.2 Manejo 24
- 6.3 Transporte 25
- 6.4 Almacenamiento 26
 - 6.4.1 Almacenamiento en el sitio de trabajo 26
 - 6.4.2 Almacenamiento en estiba 27
 - 6.4.3 Almacenamiento exterior prolongado 28

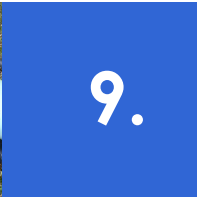
Contenido



7.



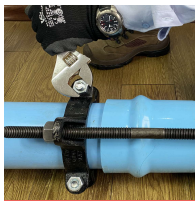
8.



9.



10.



11.

7. Instalación de Tuberías y Accesorios 29

7.1	Dimensiones de la zanja	31
7.1.1	Ancho de la zanja	31
7.1.2	Profundidad	32
7.2	Clasificación de suelo	32
7.3	Control de agua	32
7.4	Fondo de zanja	33
7.5	Ensamble	33
7.5.1	Tubos y accesorios	33
7.5.2	Accesorios en hierro dúctil	35
7.5.3	Válvulas mariposa	35
7.6	Maquinado y achaflanado de la tubería	36
7.6.1	Corte	36
7.6.2	Chaflán	36
7.7	Rellenos y acostillados	38
7.7.1	Relleno inicial	38
7.7.2	Relleno final	38
7.8	Compactación	39
7.9	Resistencia al empuje en accesorios y válvulas	40
7.9.1	En válvulas	40
7.9.2	En cambios de dirección (Vertical u Horizontal)	41
7.9.3	En reducciones	41
7.9.4	Capacidades de resistencia de suelos no alterados	41
7.9.5	Resistencia al empuje en suelos pobres	42
7.9.6	Resistencia al empuje vertical	43
7.9.7	Cómo apoyar la tubería en pendientes pronunciadas	43
7.9.8	Restrictores de movimiento	43
7.9.9	Juntas con brida	44
7.10	Cambio de material	45
7.11	Curvatura longitudinal de la tubería	45
7.11.1	Uso de accesorios de PVC	45
7.11.2	Flexión de la tubería misma formando un arco	45
7.12	Lubricante	46
7.13	Golpe de ariete	47

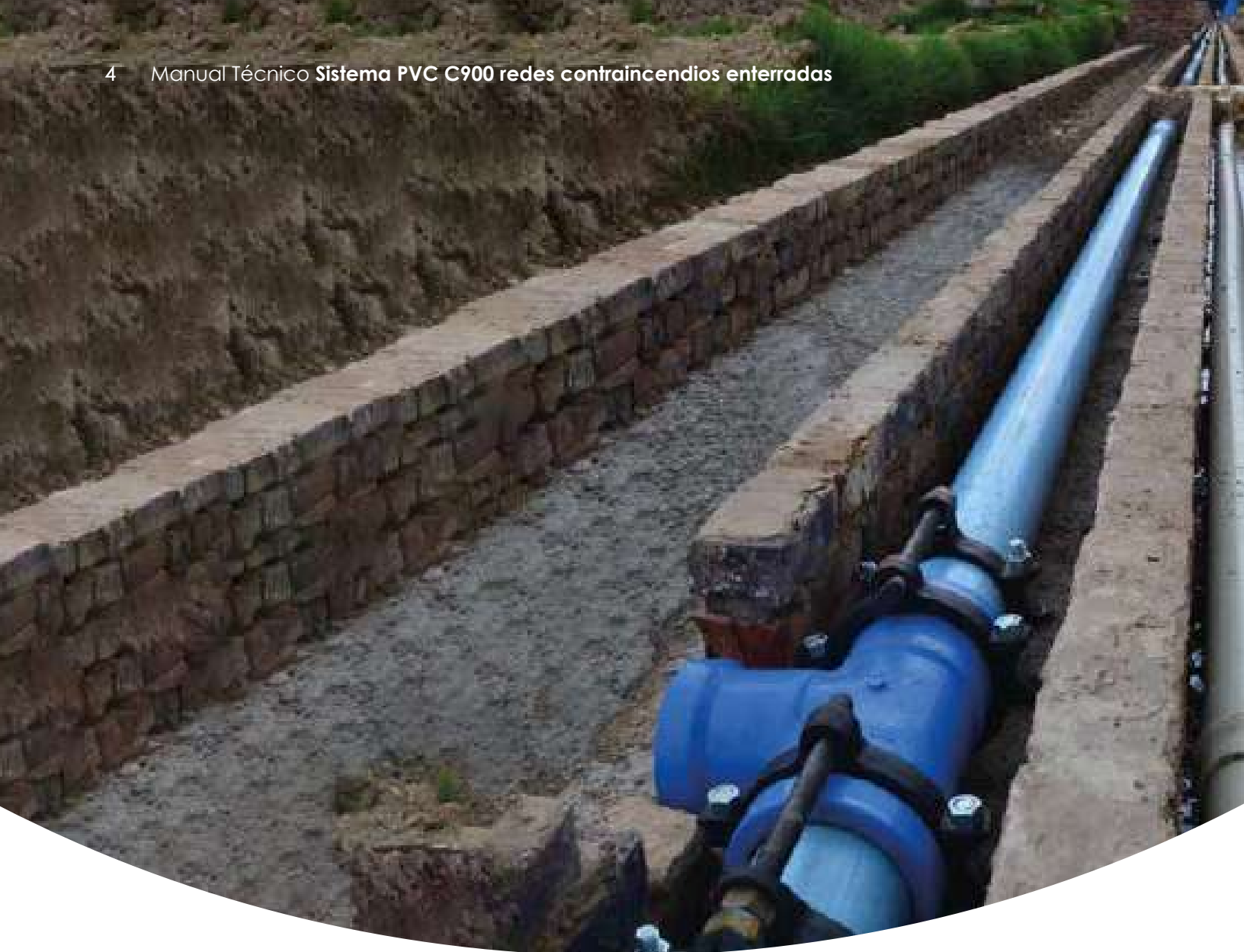
8. Puesta en servicio 48

8.1	Llenando la línea	49
8.2	Prueba de Presión y Hermeticidad	49

9. Comportamiento Hidráulico 52

10. Reparaciones 55

13 Índice de tablas e Ilustraciones 57



1. Introducción

Este folleto servirá como guía para instaladores de tubería que buscan recomendaciones generales sobre procesos adecuados de instalación relacionados con la línea C-900 (Tuberías y Accesorios) IPEX, Industria Colombiana y Costa Rica. En caso de presentarse condiciones particulares y/o que no se encuentren en este manual, comunicarse con el departamento de Diseño y Especificación.

El ingeniero que diseña la tubería determinará cómo debe instalarse. No es intención nuestra que la Guía asuma esa responsabilidad a menos que el ingeniero así lo ordene.

Este folleto expone los métodos preferidos de instalación basándose en la experiencia de Durman y en diversos reportes publicados de otras fuentes industriales.



2. Aspectos Generales

Los Tubos y Accesorios de PVC C900 Durman® están diseñados y garantizados para el transporte de agua en redes enterradas para protección contra incendio.

Las tuberías y accesorios PVC C900 son fabricados con una resina de excelente resistencia a la presión y durabilidad. Se utiliza para la conducción de agua potable y en las redes enterradas para sistemas de protección contra incendio en todo tipo de construcción como bodegas, parques industriales, vivienda, oficinas, hoteles, centros comerciales, hospitales y edificios gubernamentales. Como está referido en la Norma de Construcción Sismo Resistente NSR-10, está especificado en la Norma colombiana NTC 2301-12 (NFPA 13), Capítulo 10 de sistemas de tuberías enterradas para redes contra incendio.





3. Normas y Certificaciones

NRS-10 "Reglamento de construcción sismorresistente"

NTC 2301 /NFPA 13 "Instalación para sistema de rociadores"

NFPA 24 "Instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios"

AWWA C900 "Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 in. through 12 in., for Water Distribution"

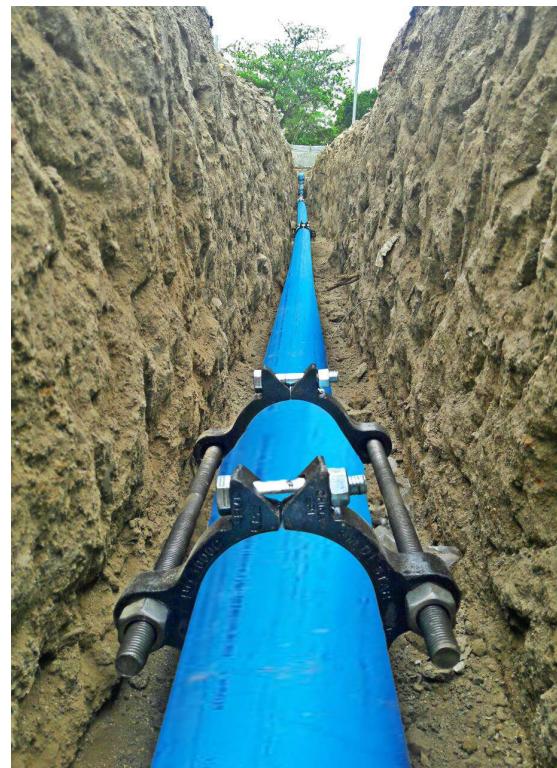
AWWA C905 "Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 14 in. through 48 in., for Water Transmission and Distribution"

AWWA C153 Accesorios de tubería de Hierro Dúctil

UL 1285 Tubos y accesorios de PVC para sistemas enterrados contra incendio

FM 1612 Tubos y accesorios de PVC para sistemas enterrados contra incendios.

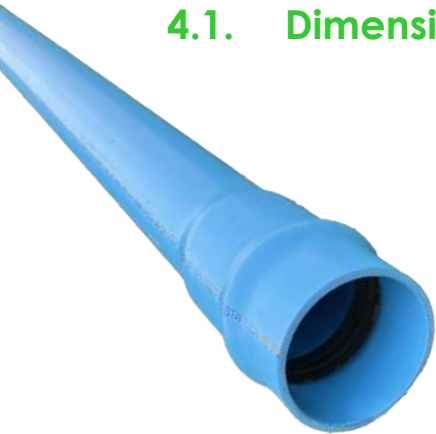
Resolución 330-17 Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, MVCT.





4. Descripción general

4.1. Dimensiones de la tubería



Diámetro nominal		Promedio Diámetro externo		DR 25		DR 18		DR 14	
Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg	mm
4	100	4,8	122	6,0	153,35	6,1	156,18	6,3	160,08
6	150	6,9	175	8,3	210,04	8,5	215,55	8,7	221,16
8	200	9,1	230	10,8	273,07	11,0	280,29	11,3	287,66
10	250	11,1	282	13,3	338,61	13,7	347,47	14,0	356,50
12	300	13,2	335	15,6	395,63	16,0	406,15	16,4	416,90

Tabla 1. Dimensiones de la tubería

Los tubos vienen en largos de 5.8 mts, diámetros CIOD en DR 14 y DR 18.

4.2. Presión de Trabajo

Las tuberías PVC C900 están diseñadas para el transporte de agua a presión, y su presión de trabajo es clasificado según la relación diámetro espesor (DR). A continuación, se describen las distintas presiones de trabajo con las que se cuenta en nuestro portafolio:

- DR 14: Presión de trabajo a 305 psi
- DR 18: Presión de trabajo a 235 psi
- DR 25: Presión de trabajo a 165 psi

4.3. Condiciones extremas

Las condiciones extremas son aquellas que pueden llegar a afectar la funcionalidad de las tuberías y accesorios, debido a que sobrepasan los valores máximos de trabajo, tales como:

Exposición de la Tubería a Rayos U.V.

Las tuberías y accesorios PVC C900 no deben ser instaladas a la intemperie, debido a que los rayos ultravioletas debilitan los valores de resistencia al impacto. De igual forma la tubería y accesorios que son almacenados expuestos a rayos ultravioleta no debe superar un periodo de 60 días. En caso de requerir un almacenamiento por un periodo superior la tubería deberá almacenarse bajo techo.

Exposición de Altas Temperaturas

El PVC es un material termoplástico que puede ser fundido por calor, por ende, no debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima que puede ser sometida la tubería en almacenamiento es de 45°C.

Solventes

No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.

Material Punzante

No someta la tubería y accesorios PVC C900 a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulares de tamaño mayores a 1 1/4".

Condiciones Adicionales

Cualquier otro tipo de condición especial distinta a las expuestas anteriormente y que pueda afectar la funcionalidad de las tuberías y accesorios PVC C900, por favor ponerse en contacto con los ingenieros especificadores y jefatura técnica de la compañía.

4.4 Vida Útil

La vida útil de la tubería y accesorios PVC C900, bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación, instalación, operación y servicio será de mínimo 50 años. Lo anterior expuesto no se constituye como garantía explícita del producto.

4.5 Uso Recomendado

La tubería PVC C900 constituye la solución más práctica y versátil para los sistemas de redes enterradas contra incendio. A continuación, se describen sus ventajas:

- Mayor capacidad hidráulica. $K_s = 0.0015 \text{ mm}$ (Darcy Weisbach) $C=150 \text{ mm}$ (Hazen Williams)
- Altos rendimientos en la ejecución en obra, liviana y fácil de ensamblar.
- Mayor vida útil.
- Diseño integral del sello elastomérico, garantizando hermeticidad y eficiencia que aumenta con la presión hidráulica interna.
- Diseño especial que permite un amplio grado de movimiento axial causados por asentamientos de los terrenos y por las expansiones y contracciones originadas por los cambios de temperatura.

4.6. Portafolio de Accesorios y Complementos

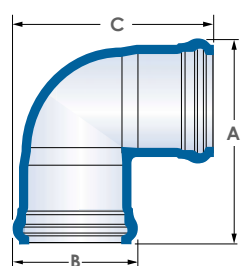
4.6.1. Accesorios en PVC

Los accesorios moldeados por inyección de PVC están disponibles para tubería con diámetro exterior de hierro fundido en tamaños de 100 mm (4") a 300 mm (12").

El ensamble directo de tuberías CIOD a estos accesorios debe hacerse siguiendo cuidadosamente los principios proporcionados en este manual.

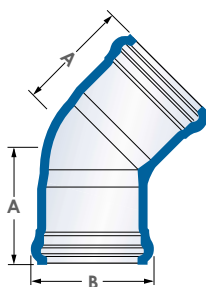
Estos accesorios se proveen con la junta elastomérica (anillo de hule) insertada en las campanas. Sólo debe emplearse esfuerzo manual para ensamblar los accesorios de PVC. Las juntas de transición especiales permiten el uso de una tubería IPS (con diámetro exterior del tamaño de tubería de hierro) con accesorios CIOD. Las juntas provistas para estos accesorios no son intercambiables con las juntas provistas para otras tuberías y accesorios.

A continuación, se muestran las dimensiones exteriores de los accesorios en PVC comúnmente usadas en instalaciones de esta línea de producto:



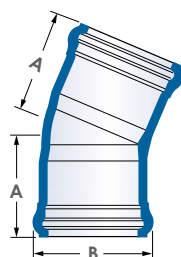
Codo de 90°

Tamaño Nominal		A		B		C	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100	4	257	10.14	159	6.25	257	10.14
150	6	353	13.90	226	8.88	353	13.90
200	8	430	16.90	289	11.36	430	16.90



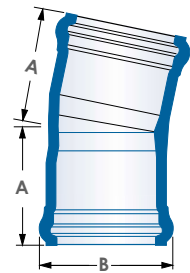
Codo de 45°

Tamaño Nominal		A		B	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100	4	143	5.63	159	6.27
150	6	192	7.56	225	8.80
200	8	224	8.80	287	11.30



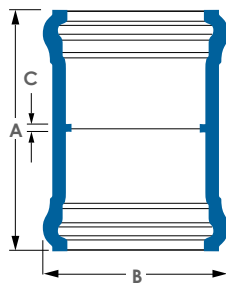
Codo de 22 1/2°

Tamaño Nominal		A		B	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
150	6	173	6.82	225	8.84
200	8	200	7.90	287	11.30



Codo de 11 1/4°

Tamaño Nominal		A		B	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
150	6	1.64	6.45	225	8.84
200	8	1.90	7.48	287	11.30



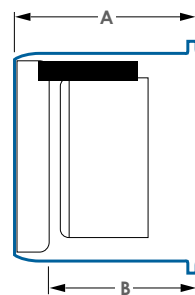
Unión reparación

Tamaño Nominal		A		B		C	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100	4	207	8.18	160	6.27	7	0.25
150	6	307	12.11	225	8.88	7	0.25
200	8	345	13.58	288	11.35	7	0.25
250	10	460	18.12	363	14.30	13	0.50
300	12	493	19.40	439	17.30	13	0.50



Tapón

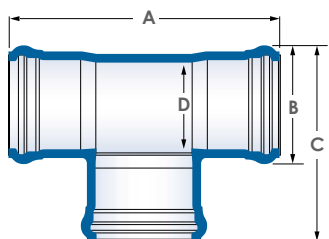
Tamaño Nominal		A	
mm	pulg	mm	pulg
100	4	150	5.9
150	6	178	7.0
200	8	206	8.1
250	10	228	9.0
300	12	249	9.8



Adaptador reductor (espiga x campana)

Tamaño Nominal		A		B	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
150 x 100	6 x 4	147	5.8	109	4.3
200 x 150	8 x 6	318	12.5	140	5.5
250 x 200	10 x 8	185	7.3	147	5.8
300 x 250	12 x 10	256	10.1	165	6.5

Tee



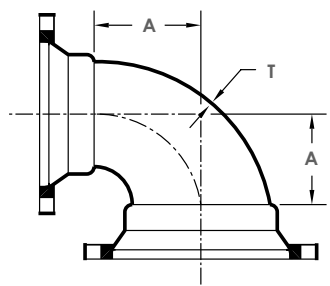
Tamaño Nominal		A		B		C		D	
mm	pulgadas	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100 x 100 x 100	4 x 4 x 4	357	14.04	159	6.27	258	10.15	124	4.88
150 x 150 x 100	6 x 6 x 4	432	16.99	226 x 159	8.88 x 6.27	316	12.43	176	6.93
150 x 150 x 150	6 x 6 x 6	481	18.92	226	8.88	353	13.90	176	6.93
200 x 200 x 100	8 x 8 x 4	471	18.55	289 x 159	11.37 x 6.27	373	14.68	232	9.13
200 x 200 x 150	8 x 8 x 6	520	20.48	289 x 226	11.37 x 8.88	410	16.14	232	9.13
200 x 200 x 200	8 x 8 x 8	571	22.46	289	11.37	430	16.91	232	9.13

4.6.2. Accesorios en hierro ductil

Las tuberías que tienen CIOD se pueden adaptar directamente a accesorios de PVC moldeados o soldados, accesorios de hierro fundido, válvulas y otros aditamentos. Para los accesorios de hierro fundido y válvulas, la preparación del extremo de la tubería de PVC debe reflejar la profundidad de inserción reducida de estos accesorios.

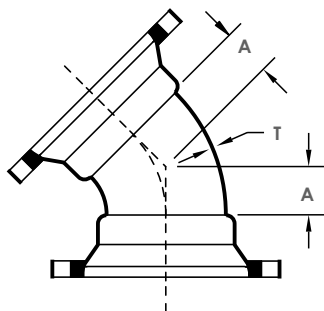
A continuación se muestra algunas dimensiones de los accesorios en hierro ductil:

Codo de 90° MJ x MJ



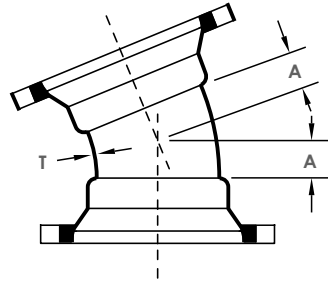
Tamaño Nominal		T	A	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg
100	4	0.34	4.00	27
150	6	0.36	5.00	39
200	8	0.38	6.50	57
250	10	0.40	7.50	89
300	12	0.42	9.00	108

Codo de 45° MJ x MJ



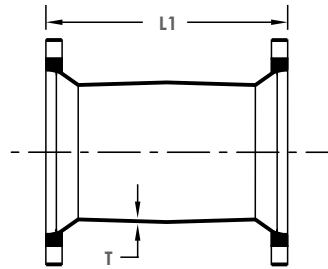
Tamaño Nominal		T	A	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg
100	4	0.34	2.00	23
150	6	0.36	3.00	32
200	8	0.38	3.50	46
250	10	0.40	4.50	70
300	12	0.42	5.50	86

Codo de 22.5° MJ x MJ



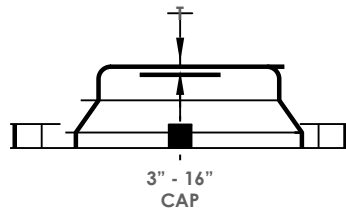
Tamaño Nominal		T	A	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg
100	4	0.34	1.50	18
150	6	0.36	2.00	32
200	8	0.38	2.50	46
250	10	0.40	3.00	64
300	12	0.42	3.50	84

Unión Reparación MJ x MJ



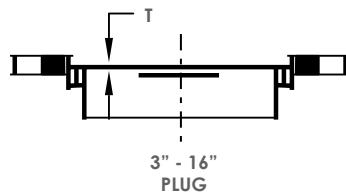
Tamaño Nominal		T	L1	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg
100	4	0.34	7.50	15
150	6	0.36	7.50	23
200	8	0.38	7.50	31
250	10	0.40	7.50	45
300	12	0.42	7.50	57

Tapón Hembra MJ



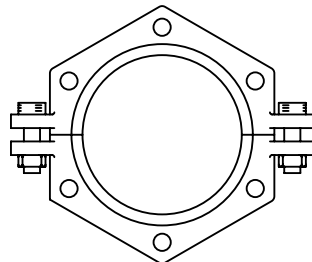
Tamaño Nominal		T	MAX. TAP	WT
mm	pulg	pulg	pulg	Lbs
100	4	0.34	2	9
150	6	0.42	2	15
200	8	0.44	2	22
250	10	0.46	2	32
300	12	0.48	2	42

Tapón Macho MJ



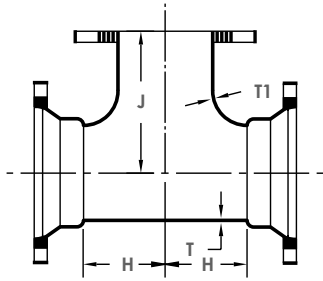
Tamaño Nominal		T	MAX. TAP	WT
mm	pulg	pulg	pulg	Lbs
100	4	0.34	2	12
150	6	0.42	2	21
200	8	0.44	2	32
250	10	0.46	2	40
300	12	0.48	2	51

Brida Ciega



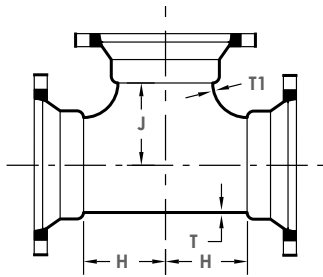
Tamaño Nominal		WT	T-HEAD BOLTS
mm	pulg	Lbs	
100	4	8	3/4" x 3 1/2"
150	6	11	3/4" x 3 1/2"
200	8	13	3/4" x 3 1/2"
250	10	-	
300	12	25	3/4" x 4"

Tee MJ x MJ



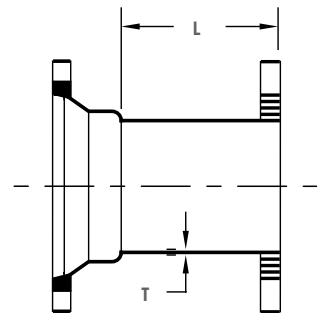
Tamaño Nominal		T	T1	H	J	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg	pulg	Lbs
100	4	0.34	0.34	4.00	4.00	32
150	6	0.36	0.36	5.00	5.00	56
200	8	0.38	0.38	6.50	6.50	86
250	10	0.40	0.40	7.50	7.50	120
300	12	0.42	0.42	8.75	8.75	150

Te reducida MJ x MJ



Tamaño Nominal		T	T1	H	J	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg	pulg	Lbs
150 x 100	6 x 4	0.36	0.34	4.00	5.00	46
200 x 100	8 x 4	0.38	0.34	4.00	6.50	60
200 x 150	8 x 6	0.38	0.36	5.00	6.50	72
250 x 200	10 x 8	0.40	0.38	6.50	7.50	105
300 x 250	12 x 10	0.42	0.40	7.50	8.75	140

Reducción MJ x MJ



Tamaño Nominal		T	T1	H	WT
mm	pulg	pulg	pulg	pulg	Lbs
150x 100	6 x 4	0.36	0.34	4.00	24
200 x 100	8 x 4	0.38	0.36	4.00	36
200 x 150	8 x 6	0.40	0.36	5.00	47
250 x 200	10 x 8	0.40	0.38	6.50	50
300 x 250	12 x 10	0.42	0.40	7.50	64

4.6.3. Restrictores de Movimiento y Transición



Restrictor HD serie 1100

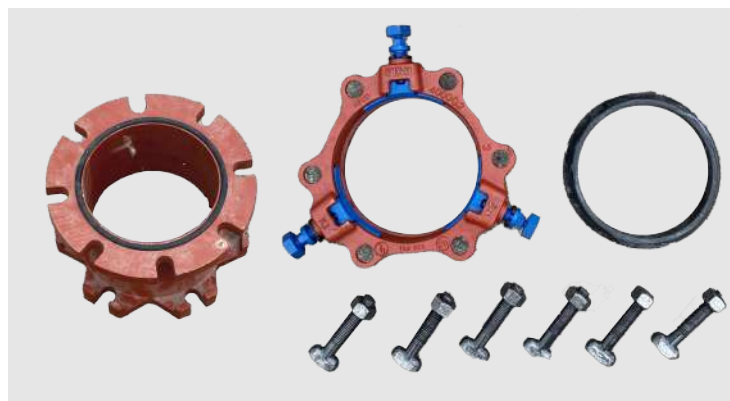
Restrictor Tuberia de PVC X Tubo de PVC



Restrictor HD serie 1200
Restrictor tubería de PVC X Acc de PVC



Restrictor HD serie 4000
Tubería de PVC X Acc de HD



Kit adaptador brida HD serie 4200:
transición a otros materiales

Válvulas de corte NRS – AWWA C515 – NSF 61 & 372 – UL/FM – 300 PSI



Serie 802 NRS - Sin plato - Brida x Brida

Tamaño Nominal		Caja interior	Caja Maestra	Peso	
mm	pulg			Caja interior (lb)	Caja Maestra (lb)
100	4	1	16	57	917
150	6	1	12	101	1.217
200	8	1	9	154	1.389
250	10	1	3	232	695

Tabla 2. Válvulas de corte Serie 802

- Cumple con el estándar AWWA C515
- Vástago no ascendente
- Sello de vástago de juntas tóricas triples
- Enchufe de prueba opcional
- Bridas según ANSI B16.1 Clase125.
- Presión de trabajo: 300PSI
- Temperatura de trabajo: 42 ° F - 180 ° F
- Poste indicador no incluido
- Listado NSF y Certificado ANSI 61 & 372



Serie 803 NRS - Sin plato - Brida x MJ

Tamaño Nominal		Caja interior	Caja Maestra	Master Case	
mm	pulg			Caja interior (lb)	Caja Maestra (lb)
100	4	1	16	51	822
150	6	1	12	91	1.092
200	8	1	9	145	1.303
250	10	1	3	239	716

Tabla 3. Válvulas de corte Serie 803

- Cumple con el estándar AWWA C515
- Tallo no ascendente
- Sello de vástago de juntas tóricas triples
- Enchufe de prueba opcional
- Bridas según ANSI B16.1 Clase125.
- Presión de trabajo: 300PSI
- Temperatura de trabajo: 42 ° F - 180 ° F
- NSF Listed



Válvulas de corte OS&Y - AWWA C515 - NSF 61 & 372 - UL / FM - 300 PSI

Serie 816 OS&Y - Brida x Brida



Tamaño Nominal		Caja interior	Caja Maestra	Peso	
mm	pulg			Caja interior (lb)	Caja Maestra (lb)
100	4	1	16	66	1.058
150	6	1	12	110	1.322
200	8	1	6	170	1.019
250	10	1	3	265	794

Tabla 4. Válvulas de corte Serie 816

- Cumple con la norma AWWA C515
- Volante y tuerca de fijación para trabajos pesados
- Sello de vástago de grafito de alta calidad
- Bridas según ansi b16.1 Clase 125
- Listado por UL y aprobado por FM
- Certificado según NSF / ANSI 61 & 372
- Temperatura de trabajo: 42 ° F - 180 ° F



Kit de empaquetadura y tornillos - Serie 926

Serie 926 - Kit empaquetadura y tornillos



Tamaño Nominal		Caja interior	Caja Maestra	Cada ítem (lbs)	Peso	
mm	pulg				Caja interior (lb)	Caja Maestra (lb)
50	2	-	1	2	0	2
75	3	-	1	2	0	2
100	4	-	1	4	0	4
150	6	-	1	6	0	6
200	8	-	1	6	0	6

Tabla 5. Kit Serie 926

- 1/8" ancho
- Cara completa
- NBR





5. Tipo de Juntas

El tipo de junta de la tubería y accesorios de PVC C900 corresponde a ensamble unión mecánica (campana por espigo), utilizando sellos elastoméricos con alma de acero, especialmente diseñados para cumplir con un óptimo desempeño hidráulico, garantizando completa hermeticidad ante los distintos requerimientos de presión del sistema de redes contra incendio.

5.1. Procedimiento Instalación de Juntas

A continuación, se muestran los elementos principales a usar para el este procedimiento:



1. Mida y marque la profundidad de la línea de ensamble del espigo en la campana.



2. Limpie con un trapo seco y limpio la parte interior de la campana y el sello elastomérico junto con la parte exterior del tubo a instalar.



3. Aplique lubricante Durman generosamente al interior de la campana, en el sello elastomérico y el espigo de la tubería.



4. Asegúrese de alinear la campana con el tubo e introduzca el espigo. Se recomienda el uso de un bloque de madera en el extremo del tubo, con el fin de protegerlo del equipo o herramienta de empuje.



5. Aplique presión constante en dirección al eje longitudinal de la tubería logrando que el tubo se deslice suavemente dentro de la campana hasta finalizar la inserción. Antes de realizar este proceso se recomienda verificar la longitud de inserción (ingreso del espigo dentro de la campana) de manera tal se genere solo el esfuerzo necesario para un adecuado acople espigo-campana.





6. Manejo, Transporte y Almacenamiento.

6.1. Antes de aceptar el material en obra

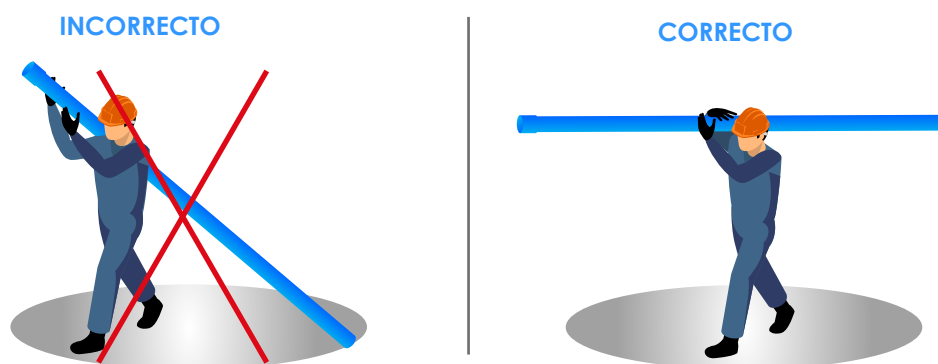
La tubería y accesorios Durman están fabricados de acuerdo con diversos estándares. La inspección de Control de Calidad de los productos antes de salir de nuestras plantas garantiza que sólo se envíen productos de la más alta calidad. Pueden ocurrir daños a la tubería en el transporte, o puede haber faltantes, por lo tanto, debe realizarse una verificación antes del descargue.

1. Camine alrededor del vehículo para asegurarse de que la carga no se ha desplazado durante el transporte. Si hay alguna indicación de desplazamiento en el camino, el cliente debe inspeccionar cada pieza en la descarga.
2. Verifique la cantidad enviada contra la factura o nota de entrega. El cliente debe anotar cualquier faltante en este documento.
3. Anote cuidadosamente cualquier signo de daño a la tubería en forma de grietas, rebabas u otro daño. AWWA C900 especifica que la tubería esté libre de estrías importantes.
4. No tirar ningún material dañado, de encontrarse alguna afectación esta debe quedar registrada en la nota de entrega. Márquela cuidadosamente para que la compañía de transportes o su representante lo inspeccione más a fondo.
5. Volver a ordenar el material que se necesita para compensar las piezas faltantes o dañadas.
6. Notificar inmediatamente a la compañía de transportes y presente una reclamación por piezas dañadas o faltantes de acuerdo con sus instrucciones.

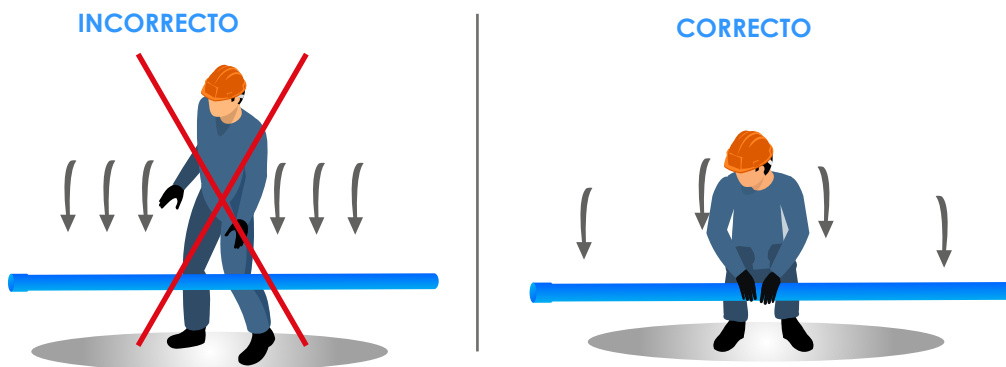
6.2. Manejo

El manejo de las tuberías y accesorios C900 se puede realizar tanto manual como con equipos según sea el diámetro de la tubería a manipular y características del proyecto, garantizando que la tubería y accesorios no sufran afectaciones durante los procesos de instalación, manipulación, transporte y almacenamiento en obra.

- Las tuberías y accesorios no deben ser golpeados ni arrastrados, a tal efecto, se evite el deterioro y fatiga de los materiales que puedan afectar la vida útil del producto.



- Antes de realizar manipulación del producto, se debe verificar que la tubería este vacía y no presente golpes ni abolladuras.
- No se deben someter las tuberías y accesorios a caídas o descensos no controlados, se debe garantizar la estabilidad de cada elemento en todo momento.

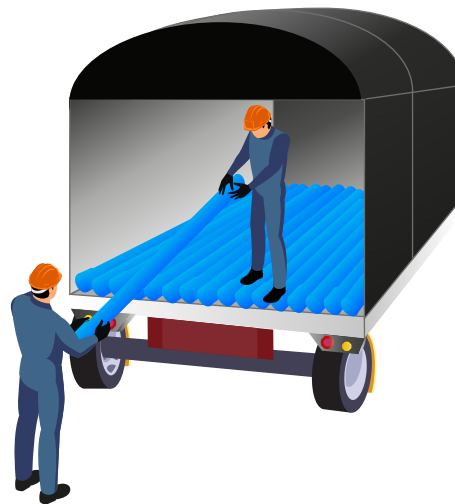


- Los elementos que entren en contacto con la tubería para proceso de izaje no deben ser metálicos, se recomienda que sean correas de lona ancha tipo eslingas.

6.3. Transporte

- Es ideal utilizar vehículos en los que su plataforma sea totalmente lisa, libre de clavos, tornillos o elementos que puedan llegar a generar daño a la tubería.
- En caso de que el vehículo no tenga la plataforma totalmente lisa, se recomienda colocar listones de madera para compensar dicha superficie y evitar daños de la tubería.
- Cuando se da el transporte de tuberías en un mismo vehículo con distintos diámetros, las tuberías de mayor diámetro deben ir en la parte inferior.
- En dado caso que se requiera asegurar la tubería, no se recomienda el uso de elementos metálicos, ya que estos pueden llegar a cortar la tubería, en cambio se recomienda el uso de correas de lona o cuerdas.
- No colocar carga adicional sobre la tubería.

- Se debe dejar libres las campanas de la tubería, alternando las campanas y los espigos con el fin de evitar deformaciones innecesarias por mal almacenamiento en el transporte, las cuales pueden generar inconvenientes en la instalación de la tubería.
- Se recomienda proteger el extremo de la tubería en caso de que sobresalga de la plataforma del vehículo. Siendo esta la parte más expuesta, en los casos que exista posibilidad de sufrir daño durante el transporte.
- Se debe evitar que las tuberías rueden y sufran impactos durante el transporte, se recomienda que la tubería se sujete con correas de lona ancha o cuerda.



6.4. Almacenamiento

La tubería debe ser almacenada en una zona totalmente plana, aislada del terreno por soportes espaciados cada 2.0 m, con el fin de evitar el pandeo de los tubos y que estos no queden en contacto con los extremos.

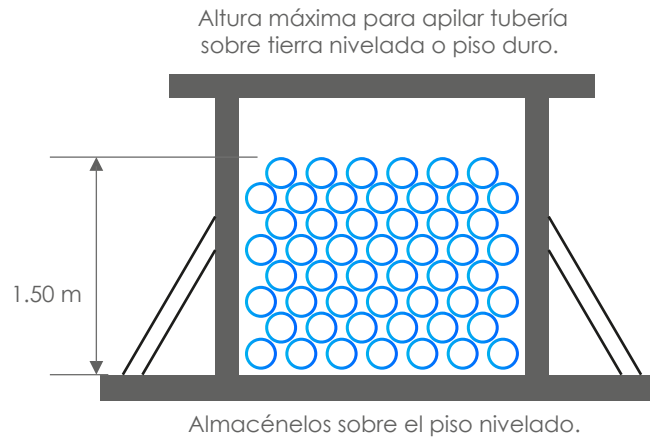
Para cualquier tipo de almacenamiento descritos a continuación se debe considerar un tiempo máximo de exposición a la intemperie de la tubería de 60 días. Posterior a este tiempo se debe realizar una cubierta provisional que permita una adecuada ventilación, evitando así la exposición directa de los rayos UV.

6.4.1. Almacenamiento en el sitio de trabajo

Cuando la tubería se extiende a lo largo de la zanja, colóquela lo más cerca posible a la línea de la zanja, al lado opuesto al área reservada para el almacenamiento del material producto de la excavación. Sitúe las tuberías donde puedan ser descendidas a la zanja con el mínimo manejo adicional. Tenga en cuenta que durante el tiempo en que la tubería permanezca cerca a la zanja, debe apoyarse en una superficie o zona totalmente plana y protegida de elementos que puedan generar algún tipo de afectación.

6.4.2. Almacenamiento en estiba

La tubería debe apilarse con una altura máxima de 1.5 m, para valores superiores se debe disponer un nuevo soporte, con el fin de evitar deformaciones en la tubería y riesgos para el personal que la manipule.

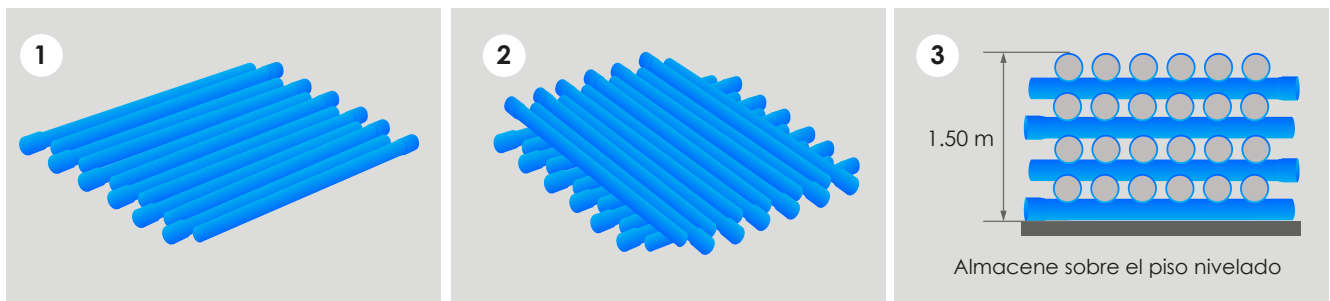


En caso de que la tubería tenga un periodo de almacenamiento extenso, se debe revisar el estado de los elastómeros antes de su instalación.

La tubería de PVC es susceptible de afectaciones si se almacena cerca de fuentes de calor.

La tubería se debe disponer levantándola o deslizándola de forma lenta, con el fin de evitar posible maltrato del producto.

Las campanas deben quedar libres e intercaladas con los espigos como se muestra en las siguientes figuras:

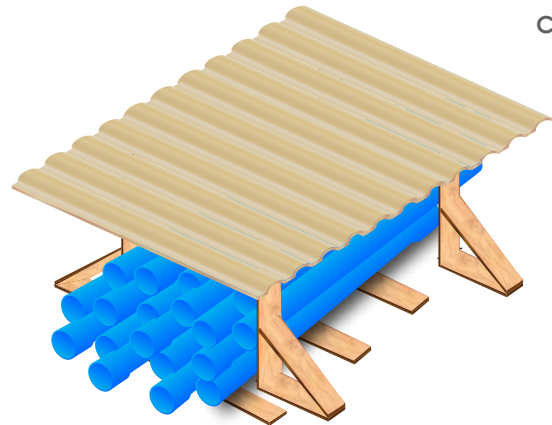


6.4.3. Almacenamiento exterior prolongado

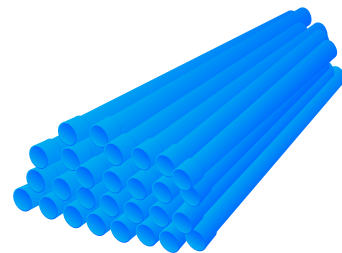
Para cualquier tipo de almacenamiento se debe considerar un tiempo máximo de 60 días de exposición a la intemperie. La exposición prolongada de la tubería de PVC a los rayos directos del sol no dañará la tubería. Sin embargo, puede ocurrir decoloración leve en forma de una película lechosa en las superficies expuestas. Este cambio en el color simplemente indica que ha habido una inofensiva transformación química en la superficie de la tubería. En las superficies descoloridas podría ocurrir una pequeña reducción en la resistencia a impactos. Otras propiedades de resistencia como la capacidad de presión y la resistencia estructural no se ven afectadas en lo absoluto por esta decoloración.

La decoloración de la tubería puede evitarse protegiéndola de los rayos directos del sol. Esto puede lograrse cubriendo la pila o la tubería embalada con un material opaco como una lona. Si la tubería está cubierta, permita siempre la circulación del aire a través de la tubería para evitar la acumulación de calor en clima caluroso. Asegúrese de que la tubería no esté almacenada cerca de fuentes de calor como calderas, tuberías de vapor, salidas de escape de motores, etc.

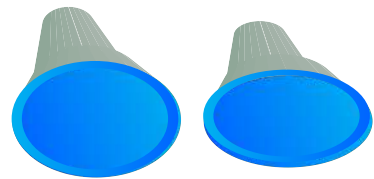
Los accesorios deben ser almacenados bajo techo y ubicados sobre una superficie plana, evitando posibles golpes que puedan afectar su integridad.



CORRECTO



INCORRECTO



Campanas deformadas debido al incorrecto almacenamiento



7. Instalación de Tuberías y Accesorios

La vida útil del tubosistema C900 se determina tanto por la calidad del producto como por los procesos de instalación y operación del sistema. Factores como dimensión de la zanja, tipos de materiales, anclajes y en general todos los procedimientos relacionados con la instalación de la tubería son elementos importantes que definen la durabilidad de la tubería.

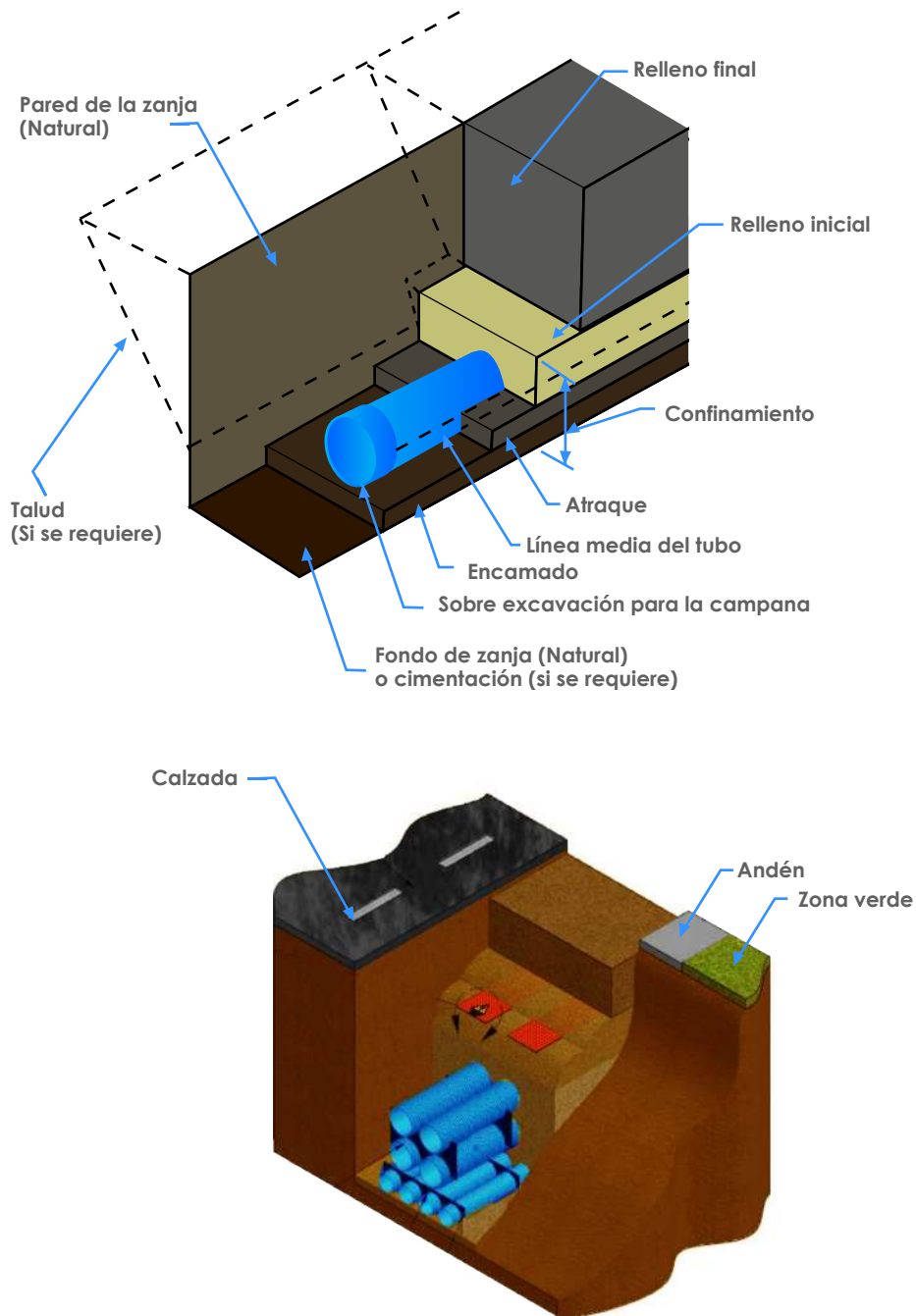


Ilustración 1. Zonas de conformación para cimentación

7.1. Dimensiones de la zanja

7.1.1. Ancho de la zanja

Las zanjas pueden ser lugares peligrosos. El contratista es responsable de garantizar que todos los reglamentos hayan sido acatados y que se proporciona la protección de los trabajadores y el público en general.

Cuando las paredes de las zanjas sean estables o están sostenidas, se debe dar el ancho suficiente, pero no mayor que el necesario para garantizar que el área de trabajo sea segura y adecuada para compactar el encamado, el acostillado y otros materiales de recubrimiento. El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería.

Los anchos mínimos no deben ser menores que el diámetro exterior del tubo más 16" (400 mm) o el diámetro exterior del tubo multiplicado por 1.25 más 12" (300 mm), el que resulte mayor.

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

Para tubería mayor de 300 mm, el ancho de excavación se podrá definir considerando 2 veces el diámetro más 12" (300 mm).

Mantenga relacionadas las tres operaciones básicas: excavación, tendido de la tubería y relleno. La extensión más corta posible de la zanja abierta reduce la posibilidad de problemas asociados con el agua, terreno intemperizado, daño por impactos, flotación y tráfico.

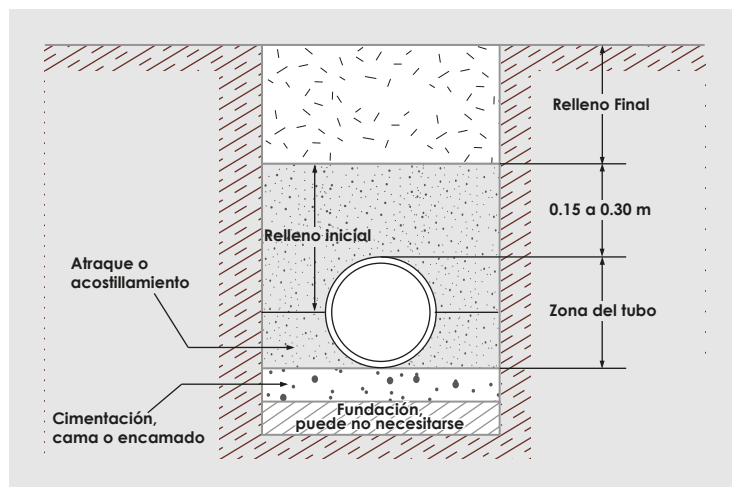


Ilustración 2. Cimentación

7.1.2. Profundidad

Se recomienda una profundidad mínima respecto a la clave de la tubería en zonas urbanas de 0.60m para vías peatonales/verdes y de 1m para vías vehiculares; para zonas rurales se requiere una profundidad de 1m tanto para vías peatonales/verdes como vehiculares.

7.2. Clasificación de suelo

Los tipos de suelos que se utilizan o se encuentran al instalar tuberías enterradas varían de acuerdo con sus propiedades y la manera en que disipan las cargas recibidas.

La siguiente tabla indica la clasificación de suelos con base a su rigidez al ser compactado. Cada clase de suelo de numeración mayor corresponde a un suelo menos rígido a un porcentaje de compactación determinado y requiere una energía de compactación mayor para un nivel de rigidez de suelo dado.

Clase de suelo	Grupo de suelo	
Clase I	Roca triturada, angular: 100% pasa el tamiz 38mm (1 ½ de pulgada), máximo 15% pasa el tamiz #4, máximo 25% pasa el tamiz 9.5 mm (3/8 de pulgada) y máximo 12% pasa el tamiz #200.	
Clase II	Suelos limpios de grano grueso: SW, SP, GW, GP o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos, que contiene 12% o menos de partículas que pasan el tamiz #200. Arenas de gradación uniforme (SP) con más de 50% de material pasando el tamiz #100 deben ser consideradas como material Clase III	GW, GP,SW,SP
Clase III	Suelos de grano grueso con finos: GM, GC, SM, SC o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos, que contiene más de 12% de partículas que pasan el tamiz #200. Suelos arenosos o con grava de grano fino CL, ML o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos con más de 30% de material retenido en tamiz # 200	GM, GC, SM, SC ML,CL
Clase IV	Suelos arenosos o con grava de grano fino: CL, ML o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos con más del 30% de material retenido en el tamiz #200. Suelos de grano fino CL, ML o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos con menos del 30% de material retenido en el tamiz # 200	ML,CL
Clase V	Suelos de grano fino: CL, ML o cualquier suelo comenzando con uno de estos símbolos con menos del 30% de material retenido en el tamiz #200. No deben ser usados como confinamiento.	MH, CH,OL,OH, Pt

Tabla 6. Clasificación de suelo

7.3. Control de agua

Cuando se presenten aguas subterráneas en el lugar de trabajo éstas deben ser desalojadas para mantener la estabilidad de los materiales. Se debe procurar mantener el nivel de agua por debajo del encamado y de los cimientos de la tubería para dar una base estable a la zanja. Se debe usar el equipo y procedimientos necesarios, como bombas, pozos, pozos profundos, geotextiles, subdrenes perforados o sábanas de roca, para remover y controlar el agua en la zanja. Se debe mantener el agua controlada en la zanja antes, durante y después de la instalación de la tubería y hasta que el relleno esté completo y se haya colocado suficiente material (se recomienda una altura de 2 veces el diámetro) para prevenir que la tubería flote.

7.4. Fondo de zanja

El fondo de la zanja debe estar libre de rocas u objetos duros que puedan afectar la integridad de la tubería o accesorios, en caso contrario, se recomienda excavar a una profundidad mínima de 0.10 m bajo la cota batea de la tubería y utilizar una capa de material compactado Clase I ó II de relleno como encamado.

Esta zona debe conformarse de manera uniforme brindando un apoyo continuo y estable a la tubería.

La plantilla puede o no ser compactada, pero en cualquiera de los dos casos las campanas salientes de la tubería deberán rebajarse debidamente en el fondo de la zanja para que toda la tubería sea soportada de manera uniforme.

Es frecuente que se utilicen entibados o tablaestacado para soportar las paredes de una zanja abierta. El retiro de estos soportes después de la instalación de la tubería puede dejar hendiduras en la pared de la excavación en la zona de la tubería. Estos huecos deben llenarse con material de relleno adicional después de retirarlos. En algunos casos, puede ser conveniente dejar el entibado o tablaestaca en su lugar como parte del relleno de la tubería.

7.5. Ensamble

7.5.1. Tubos y accesorios

1. Mantenga limpias tanto la espiga como la campana. Es buena práctica tender la tubería de presión de PVC con las campanas hacia delante para que la operación de ensamble consista en empujar la espiga hacia la campana. Esto disminuirá al mínimo la posibilidad de contaminar las superficies con material extraño. Todos los ensambles deben ser concéntricos. Use sólo lubricante Durman para tuberías de PVC. El uso de lubricantes sustitutos puede afectar la calidad del agua o dañar los anillos.

2. Generalmente los tubos y conexiones se entregan con anillo integrado, si no fuera así, antes de insertar la junta o anillo de empaque, asegurar de que el empaque esté limpio y que la hendidura no tenga desperdicios o suciedad.

3. La tubería se envía con un chaflán en el extremo de la espiga. Si no tiene un chaflán, siga el ejemplo de una espiga hecha en la fábrica y haga un chaflán adecuado con la ayuda de una lima o escofina.

4. Aplique un recubrimiento delgado de lubricante Durman (alrededor de 1 mm de espesor) usando un guante, un trapo, o una brocha.

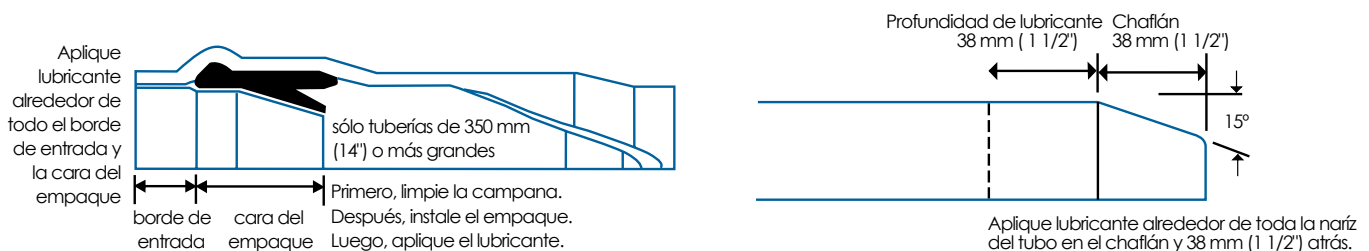


Ilustración 3. Aplicación de Lubricante

5. Sin exponer la espiga a la suciedad, colóquela de manera que el chaflán esté apoyándose contra el anillo en la campana. Empuje la espiga dentro de la campana hasta que la línea de ensamble en la espiga esté al mismo nivel de la orilla de la campana. Si hay dos líneas de ensamble, la orilla de la campana debe alinearse entre ellas.

El esfuerzo del ensamble puede hacerse manualmente en diámetros pequeños con la ayuda de un cordón cuando la espiga entra a la campana, o usando una barra y bloque. Otros métodos de ensamble incluyen extractores de palanca, gatos hidráulicos.

Cuando se usan medios mecánicos, el esfuerzo de ensamble no debe aplicarse directamente a la orilla de la tubería. Debe colocarse un polín de madera de 2" x 4" entre el cucharón de la excavadora y la orilla de la tubería. El uso de un cucharón de excavadora tiene la desventaja de que el operador no puede ver claramente cuándo está completo el ensamble. Por lo tanto, un ayudante debe situarse cerca de la junta para indicar que el ensamble está completo.

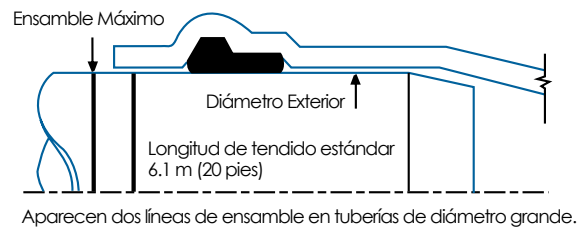


Ilustración 4. Ensamble máximo

6. La introducción completa o excesiva de la espiga podría dañar la campana de la tubería o al empaque; o bien empujar de más las uniones previamente hechas reduciendo o eliminando el espacio libre interior entre espiga y campana destinado a absorber la dilatación de la tubería. Asegúrese de que las juntas previamente ensambladas permanezcan inalteradas.

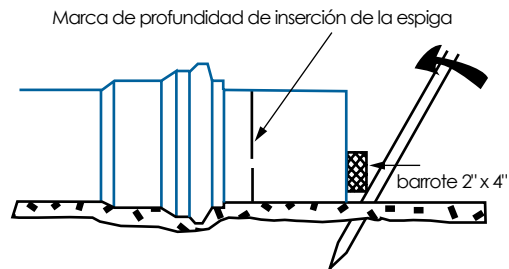


Ilustración 5. Profundidad de inserción del espigo

7. Si se siente resistencia al ensamble, puede significar que el empaque se ha soltado o desplazado. Si es así, la junta debe desensamblarse, limpiarse y reconstruirse de acuerdo con los métodos antes proporcionados.

7.5.2. Accesorios en hierro dúctil

Las campanas tanto de la junta mecánica, como de los accesorios de hierro de ajuste sin holgura son menos profundas que las campanas de la tubería entregada por Durman. Por esta razón, la línea de ensamble o marca tope en la espiga de la tubería no es de valor como un indicador de ensamble adecuado en accesorios de hierro fundido. Con el fin de insertar completamente el empaque de la campana de hierro de ajuste sin holgura, el chaflán de la espiga de la tubería de PVC prácticamente será retirado. Deje sólo un octavo de pulgada (1/8") del chaflán cuando se ensamble en los accesorios de ajuste sin holgura. Cuando se complete la junta mecánica, retire todo el chaflán de la tubería y reduzca los requisitos de torsión citados para ensambles de hierro.

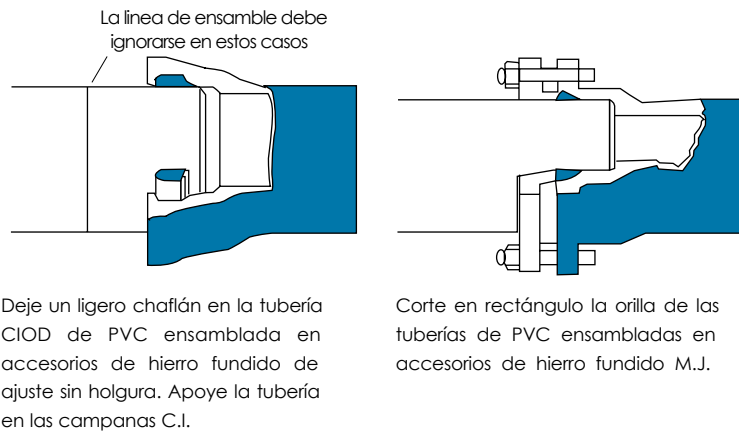


Ilustración 6. Ensamble accesorios en hierro dúctil

Tamaño de Tubería

100 - 600 mm (4"-24")
750 - 900 mm (30"-36")
1050 - 1200 mm (42"-48")

Momento de Torsión del Perno

95-108 N-m (70 - 80 pie-libras)
122-136 N-m (90 - 100 pie-libras)
170-200 N-m (125 - 150 pie-libras)

7.5.3. Válvulas mariposa

De acuerdo con el tipo de unión establecido en las válvulas mariposa se plantean alternativas que se encuentren listadas UL/FM, como:

- Kit adaptador brida serie 4200
- Restrictor serie 4000
- Unión maxi rango

7.6. Maquinado y achaflanado de la tubería

7.6.1. Corte

Es importante un corte a escuadra. Con tuberías de diámetro más pequeño, puede usarse una guía para cortes y una sierra manual para completar el corte. Con tuberías de diámetro grande, las cuales son difíciles de levantar, seleccione una zona plana de terreno y haga rodar la tubería a través del terreno mientras traza una línea de corte en la pared de la tubería con un marcador. Esta línea debe ponerse con cuidado para asegurar un corte a escuadra. La acción de rodamiento también puede usarse para mover una herramienta mecánica a lo largo de la línea de corte. Use un disco abrasivo o una hoja de sierra de acero sin el movimiento forzado de la herramienta de manera que evite quemaduras al tubo.

7.6.2. Chaflán

El chaflán en la tubería provista de la fábrica es aproximadamente de 15° . Usando la tubería provista de la fábrica como una guía, la longitud de corte debe achaflanarse aproximadamente al mismo ángulo y distancia hacia atrás. En el siguiente esquema se muestra las dimensiones recomendadas para realizar el chaflán.

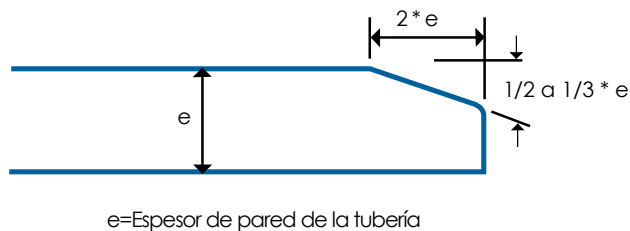


Ilustración 7. Chaflán

Existen diversas formas de achaflanar la tubería: Puede usarse una lijadora mecánica o disco abrasivo, una rebajadora y un raspador o una lima. Cuando se ensamble en accesorios de hierro, sólo se hará un bisel corto de alrededor de 3 mm ($1/8''$) hasta la orilla cortada.



Para asegurar el ensamble correcto de una tubería cortada en las uniones espiga-campana, marque una línea de ensamble en el extremo de la espiga con un marcador. Use como referencia la longitud de ensamble de otra tubería de igual diámetro, o use las dimensiones en la tabla siguiente.

Tamaño Nominal		Diámetro Exterior Promedio		Inserción Mínima C		D máxima					
						DR25		DR18		DR14	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
100	4	122	4.8	148	5.8	152.35	6.0	156.18	6.1	160.08	6.3
150	6	175	6.9	163	6.4	210.04	8.3	215.55	8.5	221.16	8.7
200	8	230	9.1	181	7.1	273.07	10.8	280.29	11.0	287.66	11.3
250	10	282	11.1	192	7.6	338.61	13.3	347.47	13.7	356.50	14.0
300	12	335	13.2	207	8.1	395.63	15.6	406.15	16.0	416.90	16.4

Tabla 7. Diámetros, longitudes de inserción y diámetro máximo en el área del anillo

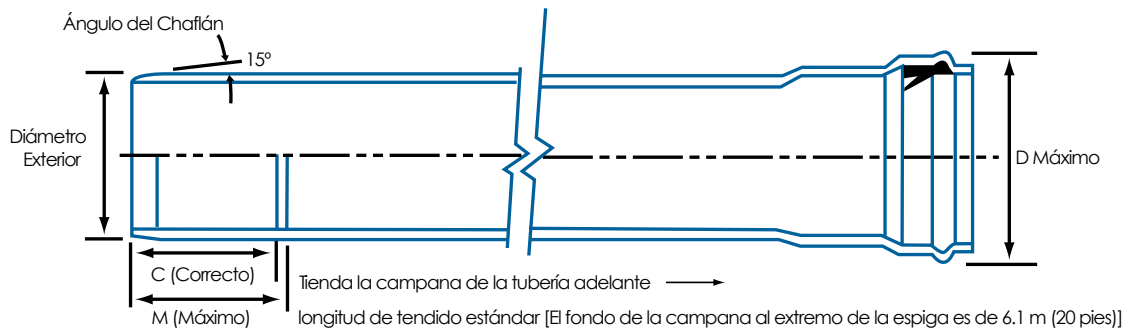


Ilustración 8. Ángulo del Chaflán

A continuación se presentan unas imágenes del antes y después de realizar el chaflán en la tubería:

- Antes de realizar el achaflanado



- Después de realizar el achaflanado.



7.7. Rellenos y acostillados

El material colocado a los lados de la tubería desde la cimentación hasta casi la línea de arranque (línea central) es para ayudar a la tubería a soportar las cargas verticales. Con frecuencia es un material con tamaños no mayores que 38 mm (1 1/2").

Los materiales Clase I, II o III son recomendados en la zona de confinamiento (encamado, atraque y relleno inicial), estos deben ser compactados y conformados en capas, mecánica o manualmente de acuerdo con el diámetro de la tubería, profundidad de instalación y clase de material.

A continuación, se presenta el tamaño máximo de las partículas de material en contacto con el tubo según su diámetro.

Diámetro Tubería	Tamaño máximo de las partículas
4" (100 mm)	1/2" (13 mm)
6"- 8" (150 mm- 200 mm)	3/4" (19 mm)
10"-16" (250 mm – 400 mm)	1" (25.4 mm)

Tabla 8. Tamaño máximo de partículas para relleno

7.7.1. Relleno inicial

Es el material colocado encima de la tubería a una altura de entre 150 mm y 300 mm (6" a 12") arriba de la parte superior de la tubería. El tamaño máximo granular en el relleno inicial, cuando no se especifique, debe ser de 38 mm (1 1/2"). Cuando de otra manera no se especifique, el relleno inicial puede constar del material producto de excavación en la zanja siempre y cuando no tenga rocas grandes, no esté congelado y esté libre de desperdicios u otros materiales orgánicos. El propósito del relleno inicial es proteger la tubería del relleno final.

7.7.2. Relleno final

El material colocado encima del relleno inicial hasta la parte superior de la zanja es el relleno final. Si no se especifica de otra manera, el material del relleno final puede contener rocas grandes de hasta 100 mm (4") de diámetro y puede constar de material producto de excavación.

La zona de Relleno Final permite atenuar la carga soportada por el tubo, los requerimientos de densidad de esta capa se determinan de acuerdo con las especificaciones de obra acorde al uso del nivel de la rasante. Esta zona frecuentemente se conforma con material seleccionado proveniente de la excavación, que no contenga limo orgánico, material vegetal, desperdicios o escombros. Este relleno se realiza en capas de 0.15 metros hasta llegar al nivel deseado, usualmente se exige una densificación mínima de 90% de Próctor Estándar modificado.

Para los casos en que las redes sean instaladas en vías o en pasos vehiculares el material a usar debe tener las características necesarias para soportar las cargas y evitar el hundimiento de la vía.

7.8. Compactación

Compacte el acostillado, el relleno inicial y el relleno final de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto. Cumpla las siguientes precauciones.

1. Cuando se use un material que "se autocompacta", como roca triturada, asegúrese que el material no se arquee o puentee debajo del riñón de la tubería. Elimine estos huecos con la punta de una pala.

2. Cuando se compacta el material que está debajo y en cualquiera de los dos lados de la tubería, no permita que la herramienta o la máquina golpee la tubería.



Elimine los huecos que hay debajo de la tubería.

Ilustración 9. Compactación

3. Cuando se requiere compactación de más del 85% de densidad de compactación estándar en el área de acostillado, asegúrese que el esfuerzo de compactación no desplace la tubería de la inclinación correcta. Si el esfuerzo de compactación desplaza la tubería, vuelva a tender la tubería a la inclinación correcta.

4. No es necesario compactar el relleno inicial directamente sobre la parte superior de la tubería por consideración a la fuerza estructural de la tubería. Sin embargo, puede ser necesario por consideración a la integridad de la carretera.

5. Puede usarse una matriz de materiales de relleno. Consulte la siguiente tabla para la deformación esperada dado un material de relleno en particular, compactado a una cierta densidad.

6. Como puede verse en la tabla siguiente, en profundidades normales menores que 16 pies de la cubierta, el esfuerzo de compactación se usa estrictamente para evitar el asentamiento de la zanja.

CLASIFICACIÓN DE MATERIAL DE EMPOTRAMIENTO SEGÚN ASTM		DENSIDAD AASHTO T-99	psi (kPa)	DR	ALTURA DE LA CUBIERTA m (pies)												
					0.3 (1.0)	0.6 (2.0)	1 (3.3)	2 (6.6)	3 (9.8)	4 (13.1)	5 (16.4)	6 (19.7)	7 (23)	8 (26.3)	9 (29.5)	10 (32.8)	15 (49.2)
Fabricado Granular Angular	CLASE I	90%	20 700	25	0.7	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	2.0
			(3,000)	18	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.7
				14	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.3
Arena y Grava Limpias	CLASE II	90%	13 800	25	1.0	0.7	0.5	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.9
			(2,000)	18	0.8	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	2.3
				14	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.7
		80%	7 000	25	1.7	1.2	0.8	0.8	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.4	5.1
			(1,000)	18	1.2	0.8	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	3.6
				14	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	2.2
Arena y Grava con Finos	CLASE III	90%	7 000	25	1.7	1.2	0.8	0.8	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.4	5.1
			(1,000)	18	1.2	0.8	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	3.6
				14	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	2.2
		85%	3 500	25	n/r	1.9	1.3	1.4	1.6	2.2	2.7	3.3	3.8	4.4	4.9	5.5	8.2
			(500)	18	n/r	1.1	0.8	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	4.8
				14	n/r	0.6	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.7
Cieno y Arcilla	CLASE IV	85%	2 760	25	n/r	2.1	1.5	1.5	1.9	2.5	3.1	3.8	4.4	5.0	5.6	6.3	9.4
			(400)	18	n/r	1.2	0.8	0.8	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	5.2
				14	n/r	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.8

Tabla 9. Porcentaje % de Deflexión para tubería RD 25, 18 y 14

7.9. Resistencia al empuje en accesorios y válvulas

En muchos lugares de una tubería presurizada, puede ocurrir un desequilibrio en las fuerzas hidrostáticas como resultado de la configuración de la tubería. Estas fuerzas desequilibradas se llaman fuerzas de empuje. Las fuerzas de empuje pueden ocurrir en cualquier punto en un sistema de tubería donde cambia el área direccional o transversal del conducto de agua. Los instaladores de las tuberías deben equilibrar estas fuerzas por medio de pivotes de empuje o retenedores mecánicos mejor conocidos como atraques. A continuación, se describen diferentes situaciones donde se requiere retención.

7.9.1. En válvulas

Todas las válvulas deben anclarse. Esto incluye válvulas instaladas en una cámara o en línea con la tubería, ya sea que esté en operación con frecuencia o sólo una vez al año.

Instale barras de anclaje alrededor del cuerpo de la válvula o a través de las orejetas de montaje y cuélelas en concreto debajo de la válvula. Las válvulas instaladas en cámaras también deben anclarse de esta manera. El tiempo crítico para la fijación de las válvulas es durante la abertura o el cierre.

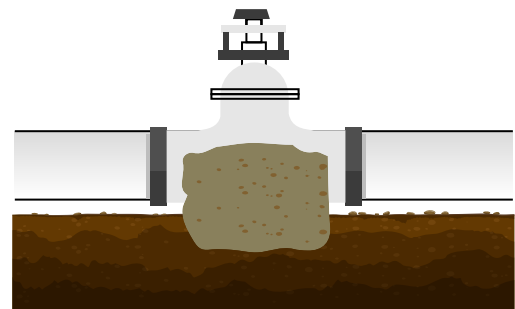


Ilustración 10. Bloques de anclaje en válvulas

7.9.2. En cambios de dirección (Vertical u Horizontal)

Los accesorios como codos, tes, o extremos cerrados, deben ser anclados ya que implican un cambio de dirección importante para el líquido.

7.9.3. En reducciones

El componente de empuje en reducciones dependerá de la magnitud de variación en la reducción y debe ser anclado de manera adecuada.

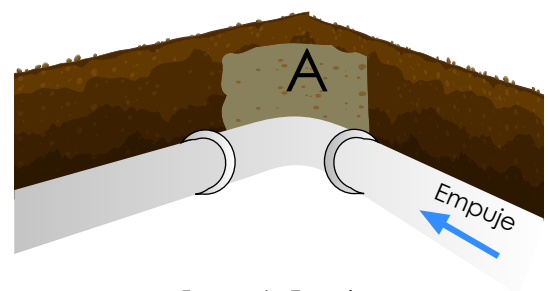
En cada punto de la línea donde se desarrollarán las fuerzas de empuje, vierta un bloque de concreto entre el accesorio y el suelo nativo no alterado al lado de la zanja. Use láminas de madera contrachapada para formar el bloque y controle la colada de manera que el área de contacto con la zanja proporcione el soporte necesario.

7.9.4. Capacidades de resistencia de suelos no alterados

- Material Orgánico (como tuba, etc) 0 libras/pie²
- Arcilla blanda 500 libras/pie²
- Arena 1000 libras/pie²
- Arena y grava 1500 libras/pie²
- Arena y grava con arcilla 2000 libras/pie²
- Arena y grava cementada con arcilla 4000 libras/pie²
- Capa dura debajo de terreno blando 5000 libras/pie²

Estas capacidades de resistencia del suelo son aproximadas y conservadoras. Para una precisión de diseño, recomendamos que un ingeniero competente en suelos realice pruebas de resistencia del suelo.

El área de resistencia recomendada que será establecida por la colada de concreto puede ser proporcionada por el ingeniero. El área (ft²) también puede calcularse determinando el empuje total generado en el accesorio. Simplemente divida la resistencia de soporte del suelo entre el empuje desarrollado (fuerza en libras), como se ve en la tabla adjunta. El resultado es el área del suelo requerida para resistir el empuje (A). El área calculada será para el área de concreto frente a la pared de la zanja (es decir, el lado posterior del bloque).



$$\text{Área A} = \frac{\text{Fuerza de Empuje}}{\text{Resistencia de Soporte del Suelo}}$$

Ilustración 11. Capacidades de resistencia de suelos no alterados

Diámetro de Tubería mm	Diámetro de Tubería pulg	Válvulas Extremos Cerrados, Tees	Codos de 90°	Codos de 45°	Codos de 22½°	Codos de 11¼°
100	4	1810	1810	1390	635	320
150	6	3740	3740	2860	1370	690
200	8	6430	6430	4920	2320	1170
250	10	9680	9680	7410	3610	1820
300	12	13690	13690	10470	5080	2550

Tabla 10. Empuje desarrollado por 100 PSI de presión (Fuerza en libras)

Nota: Los bloques de empuje prefabricados no deben colocarse directamente contra accesorios de PVC.

7.9.5. Resistencia al empuje en suelos pobres

Cuando la tubería pasa por suelos que no tienen resistencia de soporte o que tienen muy poca, las fuerzas de empuje pueden ser restringidas por un atraque de concreto que cubra el accesorio extendiéndose esta colada para formar un monolito que tenga suficiente inercia para resistir los empujes. También puede ser posible entrelazar varillas de unión alrededor del accesorio y anclarlas en una colada de concreto pobre que atraviesa la zanja en suelos más estables. En estos casos también pueden usarse restrictores de movimiento.

Los sitios típicos de bloques de empuje (atraques) se muestran en la imagen a continuación. Corte el área de soporte de la zanja usando herramientas manuales para estar seguro de que es suelo no alterado.

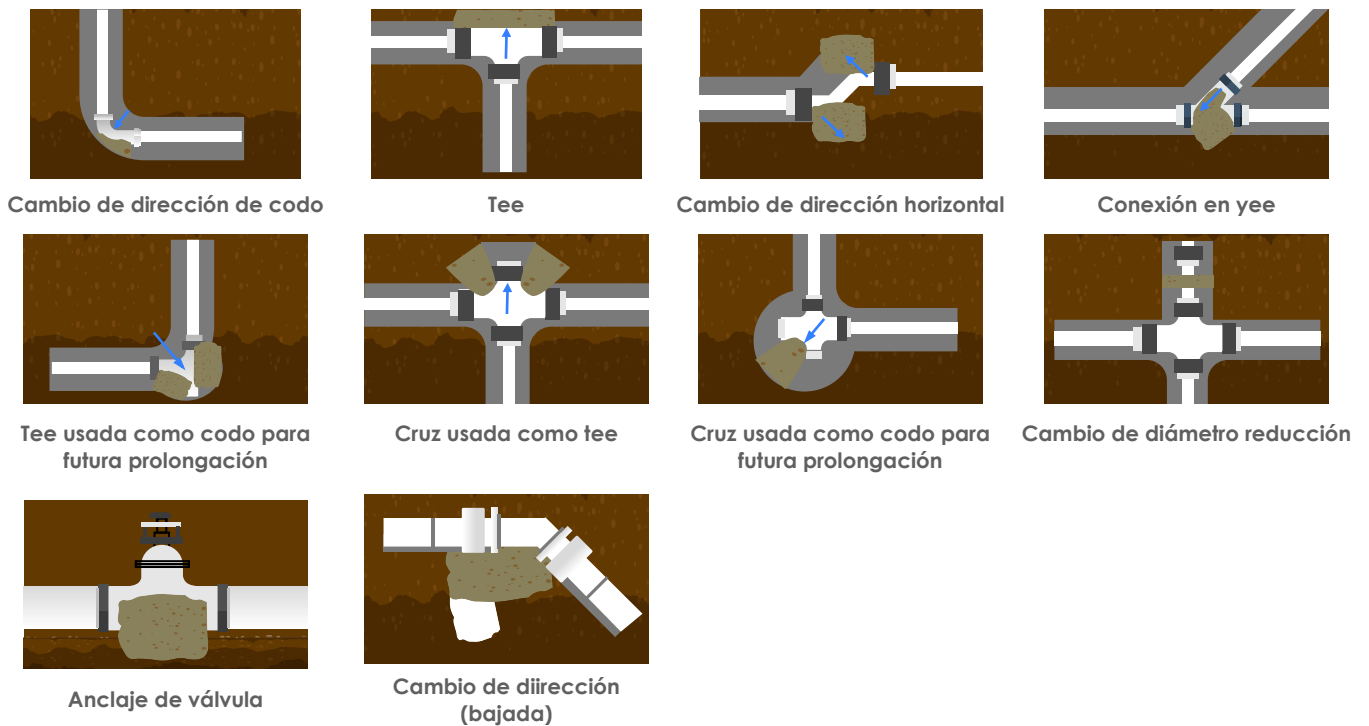


Ilustración 12. Ubicación típica de bloques de anclaje

La dimensión del bloque de concreto depende de las siguientes variables:

- Presión máxima de operación o prueba.
- Diámetro tubería.
- Diámetro accesorio.
- Tipo de accesorio.
- Perfil de la línea.
- Resistencia del suelo.

Se debe buscar el contacto del accesorio con la mayor área posible de concreto pero sin cubrirlo completamente, logrando que el bloque sirva para evitar el movimiento mismo del accesorio, y no impida las dilataciones naturales del PVC.

Nota: Para otra condición de anclaje o instalación favor comunicarse con el Departamento de Desarrollo y Soporte Técnico.

7.9.6. Resistencia al empuje vertical

Cuando la tubería cambia de dirección hacia abajo para pasar debajo de un lecho de arroyo o carretera, etc., se desarrollará el empuje ascendente en el accesorio. Anclar el accesorio como si fuera una válvula y asegúrese de que la base de concreto esté acuñada al suelo no alterado.



Ilustración 13. Resistencia al empuje vertical

7.9.7. Cómo apoyar la tubería en pendientes pronunciadas

Las prácticas normales de cimentación para tuberías instaladas en una colina serán suficientes para evitar deslizamientos y desacoplamiento. Cuando la altura de la cubierta es menor que 1.8 m (6 pies), las condiciones del suelo son marginales y cuando la pendiente es mayor que 20° (36% de pendiente), puede ser conveniente un método especial de anclaje. Nuestro procedimiento recomendado es tender la tubería con las campanas cuesta arriba y verter un bloque de concreto detrás de las campanas atracado a las paredes laterales de la zanja no alterada. Normalmente cada tercio de longitud de la tubería tendrá que ser anclada de esta manera para lograr una condición estable.

7.9.8. Restrictores de movimiento

Están disponibles varios dispositivos mecánicos de retención de empuje los cuales se sujetan a la pared de la tubería y se unen por detrás a un collar de acoplamiento en el accesorio o la campana de la tubería. El uso de estos dispositivos puede proporcionar toda la retención de empuje necesaria en el accesorio, manejamos en tamaños hasta de 323 mm (12"). El uso de varios retenedores de empuje para juntar dos o tres longitudes de tubería en cualquiera de los dos lados del accesorio puede ser conveniente para definir el efecto de sujeción del relleno alrededor del cuerpo de la tubería. Durman recomienda que el dispositivo de retención de empuje esté en conformidad con los requisitos de ASTM F 1674.

Cuando se use un dispositivo de retención de empuje, la presión máxima en la tubería (normalmente la presión de prueba) no debe exceder la especificación de presión del dispositivo.

- Restrictor serie 1100: restringe el movimiento en la conexión entre tubo y tubo.



- Restrictor serie 1200: restringe el movimiento en la conexión entre tubo y accesorio de PVC.



- Restrictor serie 4000: restringe el movimiento en la conexión entre tubo y accesorio de HD.



7.9.9. Juntas con brida

La tubería de PVC puede conectarse a juntas con brida usando un adaptador de brida. Sin considerar el material de la tubería, las juntas con brida no se recomiendan para instalaciones enterradas excepto dentro de un registro de válvula.

7.10. Cambio de material

Durman ofrece dos soluciones para hacer la transición de PVC C900 a acero al carbón. La primera es mediante un sello de transición y la segunda, mayormente recomendada es el Kit Adaptador Brida Serie 4200, el cual podemos observar en la siguiente imagen.



7.11. Curvatura longitudinal de la tubería

Existen dos métodos comunes usados para lograr cambios en la dirección de las tuberías: usando accesorios de PVC y flexionando la tubería misma.

7.11.1. Uso de accesorios de PVC

Las curvaturas de la tubería pueden lograrse usando accesorios de PVC. Los codos moldeados incluyen 11.25°, 22.5°, 45° y 90°. Para lograr cambios más grandes en la dirección, los accesorios ofrecen un grado adicional (1°) de capacidad de desviación en cada campana.

7.11.2. Flexión de la tubería misma formando un arco

Favorecidos por el material utilizado para la construcción de la tubería C900 podemos someter la tubería a una fuerza para poder curvar el producto y tener una línea arqueada. Cuando el tubo es flexionado para establecer la curvatura, el radio mínimo es aproximadamente 250 veces el diámetro nominal de la tubería. El procedimiento es:

1. Haga un ensamble concéntrico como usualmente lo hace. Mantenga el espigo en alineación recta con la campana.
2. Coloque el material de atraque compactándolo alrededor de la unión ensamblada, de esta manera limitaremos su movimiento mientras se está haciendo la curvatura.
3. Coloque relleno compactado en el interior de la curva, en el punto medio de la longitud de la tubería, para formar un punto de apoyo.

4. Usando sólo esfuerzo manual (P), mueva la campana delantera de la longitud de la tubería que se curvará no más de la distancia de desviación (A) mostrada en la siguiente tabla.

Diámetro Nominal		Desviación Máxima (A)	Radio de Curvatura	Ángulo de desviación resultante
mm	pulg	mm	m	°
100	4	600	30	5.7°
150	6	430	44	4.0°
200	8	300	58	3.0°
250	10	n/r	-	-
300	12	n/r	-	-

Tabla 11. Desviación máxima recomendada

5. No instale domiciliarias en la tubería desviada.

Nota: Las tuberías desviadas deben marcarse claramente a lo largo de su longitud para evitar la posibilidad de que sean empalmadas en el futuro.

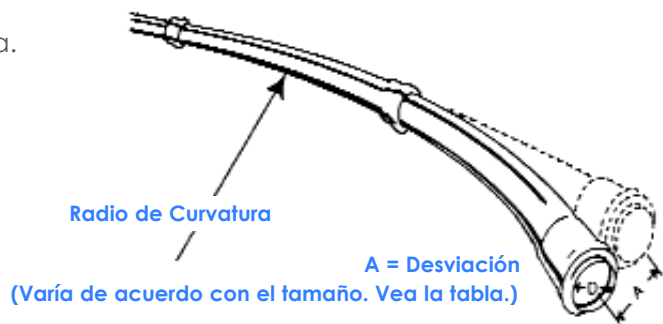


Ilustración 14. Radio de curvatura

7.12. Lubricante

El lubricante Durman está diseñado para permitir el fácil desplazamiento del espigo del tubo dentro de la campana, garantizando la hermeticidad del sistema y la integridad del sello elastomérico.

Se debe evitar el uso de cualquier otro producto que sustituya la función del lubricante Durman, ya que este puede llegar a afectar la vida útil del sello elastomérico.

Aplique siempre el lubricante sobre el espigo del tubo y en la parte inferior de la campana.

En la tabla siguiente se describen los rendimientos típicos de instalación del lubricante Durman.

Cómo usar la tabla:

$$\frac{\text{\#de metros de tubería por diámetro}}{\text{longitud de tendido de tubería (m)}} = \text{\#de juntas}$$

$$\frac{\text{\#de pies de tubería por diámetro}}{\text{longitud de tendido de tubería (pies)}} = \text{\#de juntas}$$

$$\frac{\text{\#de juntas}}{\text{juntas por envase}} = \text{\#de envases}$$

Diámetro Nominal		Número de uniones por 500 Gr
mm	pulg	
100	4	90
150	6	40
200	8	25
250	10	17
300	12	12

Tabla 12. Rendimiento Lubricante

7.13. Golpe de ariete

Una columna de líquido en movimiento tiene una inercia que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente la inercia se convierte en un incremento de presión. Estas sobre-presiones pueden llegar a reventar cualquier tipo de tubería.

Este fenómeno se conoce con el nombre de Golpe de Ariete y las causas principales son la apertura o cierre rápidos de una válvula, el arranque y la parada de una bomba o la acumulación y movimiento de bolsas de aire dentro de las tuberías.

La sobrepresión máxima que se puede esperar al cerrar una válvula se calcula así:

$$P = \frac{\alpha V}{g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{1.420}{\sqrt{1 + (K/E)(RDE - 2)}}$$

En donde:

P= sobrepresión máxima en metros de columna de agua.

α = Velocidad de la onda (m/s).

V= Cambio de velocidad del agua (m/s).

g= Aceleración de la gravedad 9.81 m/s².

K= Módulo de compresión del agua 2.06 x 10⁴ kg/cm².

E= módulo de elasticidad del tubo para PVC Tipo I, GRADO I = 2.81 x 10⁴ kg/cm².

RDE= Relación diámetro exterior / espesor mínimo.



8. Puesta en servicio

Simplemente el llenar la tubería con la presión municipal impondrá ciertas tensiones en la tubería y sus aditamentos. A continuación, se presenta una lista de verificación para ensayo antes de llenar la línea.

1. ¿Se ha dado tiempo suficiente para permitir que el bloque de concreto de empuje (atraque) se endurezca?
2. ¿Se ha colocado suficiente material de relleno encima de la tubería para evitar su movimiento durante la prueba? Sugerimos un mínimo de 1.5 diámetros de tubería.
3. ¿Se han tomado medidas para permitir el escape del aire de las partes más altas de la tubería cuando se está llenando?
4. Si la línea no está completada, ¿se ha hecho un medio adecuado para atracar la tapa o el tapón de prueba? Incluso en presiones bajas de prueba, pueden ser tremendas las fuerzas de empuje desarrolladas en tuberías de diámetro grande.

8.1. Llenando la línea

En la mayoría de los casos, el diseñador de la tubería tomará medidas para la liberación del aire en los puntos altos. Las válvulas de expulsión de aire se usan comúnmente para este propósito. Si este no es el caso, puede instalarse una válvula de inserción en la elevación más alta del sistema para ayudar a ventilar el aire durante el llenado. El agua de llenado debe introducirse a la tubería en el punto más bajo posible y a una velocidad de llenado preferida de 0.3 m/s (1 fps), o menos. Una velocidad de llenado excesiva puede introducir aire lo cual puede causar severos efectos de golpe de ariete.

¿cuánta agua se necesita para llenar 30 m (100 pies) de la tubería?

Puede usarse una simple fórmula para calcular el volumen de agua requerida para llenar 30 m (100 pies) de la tubería. Primero, encuentre el diámetro exterior de la tubería (DE) en pulgadas. Sabiendo la Relación de Dimensiones (RD), calcule:

$$G = 4.08 \left[DE - 2 \left(\frac{DE}{RD} \right) \right]^2$$

G= Galones totales de agua requeridos para llenar 30 m (100 ft) de tubería con agua. [Recuerde que 1 Galón = 3.785 litros].

8.2. Prueba de Presión y Hermeticidad

Nunca use aire comprimido o gas en las conexiones y tuberías Durman. El uso de aire comprimido o gas en las conexiones y tuberías Durman puede resultar en fallas, explosiones y causar daños severos o muerte.

A pesar de que tienen diferentes propósitos, ahora la práctica común es combinar las pruebas de hermeticidad y las pruebas de presión en una sola prueba para garantizar que la tubería y los accesorios proporcionan un sistema hermético.

Una prueba de presión determinará la solidez de la tubería y sus accesorios. El éxito de una prueba de presión dará la seguridad al ingeniero y al propietario de que la línea es capaz de soportar tanto la presión de trabajo, como las presiones adicionales que puedan generarse de vez en cuando como resultado de la operación normal.

La presión usada en la prueba de presión no debe ser más alta que la requerida para lograr ese objetivo. Normalmente, la prueba de presión se realizará en la presión máxima de trabajo más 345 kPa (50 psi). Recuerde que todas las partes de la línea, incluyendo los bloques de atraque, se someterán a la presión de prueba. La definición de la presión de prueba es responsabilidad del ingeniero de obra o de los estándares locales.

La tubería de presión de PVC puede someterse a la prueba de presión en una instalación subterránea a los niveles indicados en la siguiente tabla. Estos niveles representan los niveles de presión 25% arriba de la presión de servicio de cada RD de la tubería.

Relación de dimensiones		Presión de prueba	
DR	kPa	psi	
14	2630	380	
18	2025	295	
21	1725	250	
25	1420	205	

Nota:

Verifique que la presión de prueba no exceda los requisitos de los accesorios.

Es posible exceder las presiones arriba expuestas bajo ciertas condiciones contacte a Durman para los detalles.

Tabla 13. Presiones de prueba según DR

Para tubería de PVC con conexiones de servicio en toma directa, los valores de prueba máximos anteriores deben reducirse a la presión de servicio de la tubería (es decir, multiplique por 0.8).

Se debe informar al instalador que para la mayoría de las instalaciones, los valores anteriores pueden exceder la especificación de la prueba de otros aditamentos de la tubería como válvulas, tomas de agua, o accesorios. La prueba de presión excesivamente alta también puede afectar el tamaño de los bloques de atraque o la cantidad de retenedores mecánicos y de esta manera posiblemente aumentar los costos generales del proyecto.

La presencia de aire en la tubería durante la prueba de presión puede dar la apariencia de una falla. Si la cantidad medida de agua de reemplazo para lograr presión en pruebas sucesivas está disminuyendo, entonces se puede asumir la presencia de aire en la línea. De la línea deberá expulsarse el aire antes de continuar con la prueba.

En ausencia de otras instrucciones, se recomienda una prueba combinada de presión y fugas de dos horas. Durante esta prueba, puede ocurrir una pequeña disminución de la presión. Al final de las 2 horas, la línea se vuelve a llenar con agua de reemplazo hasta lograr la presión de prueba inicial. El volumen de agua de reemplazo se mide cuando se está agregando y puede calcularse usando cualquiera de las dos fórmulas siguientes:

$$L = \frac{1ND\sqrt{P}}{7400}$$

Sistema inglés

$$L = \frac{1ND\sqrt{P}}{128650}$$

Sistema métrico

Donde:

L = Agua de reemplazo permisible, galones americanos (o litros).

N = Número de longitudes de tubería.

D = Diámetro nominal de tubería, pulgadas (o mm).

P = Presión de prueba, psi (o kpa).

O, puede obtenerse el agua de reemplazo máxima permisible para un diámetro en particular, la presión de prueba y la longitud de la tubería de PVC pueden encontrarse usando cualquiera de las dos tablas presentadas:

Tamaño de Tubería (pulgadas)	Presión de Prueba (PSI)					
	50	100	150	200	250	300
4	.19	.27	.33	.38	.43	.47
6	.29	.41	.50	.57	.64	.70
8	.38	.54	.66	.76	.85	.94
10	.48	.68	.83	.96	1.07	1.18
12	.57	.81	.99	1.95	1.28	1.41

Tabla 14. Tolerancia de agua de reemplazo en galones americanos por 1000 pies (50 juntas) por hora

Tamaño de Tubería mm	Presión de Prueba (PSI)					
	350	700	1050	1400	1750	2100
100	0.73	1.03	1.26	1.46	1.63	1.78
150	1.09	1.54	1.89	2.18	2.44	2.67
200	1.45	1.54	2.52	2.91	3.25	3.56
250	1.82	2.57	3.15	3.64	4.07	4.45
300	2.18	3.09	3.78	4.37	4.88	5.35

Tabla 15. Tolerancia de agua de reemplazo en litros por 305 metros (50 juntas) por hora

A menudo, con tubería de PVC con junta elastomérica, no se requerirá agua de reemplazo, es decir, la presión no disminuirá en las 2 horas. Sin embargo, si se requiere un poco de agua, esto no necesariamente indica que la tubería tiene fugas. Puede haber ocurrido una disminución de la presión por una de las siguientes razones o todas:

- Aire atrapado en la línea
- Expansión radial de la tubería
- Deslizamiento inicial de retenedores mecánicos

Si el sistema requiere agua de reemplazo excediendo los valores permisibles en la tabla, es probable que haya una fuga en el sistema. El instalador debe entonces localizar, excavar y reparar todas las fugas antes de volver a someter a prueba la línea.

Es buena práctica verificar primero todos los aditamentos de la línea para ver si tienen fugas, como tees, codos, válvulas de paso, válvulas de alivio o conexiones de servicio. Estos tipos de conexiones desde siempre han mostrado una probabilidad más alta de un sello inadecuado en caso de que esté presente una fuga en el sistema.



9. Comportamiento Hidráulico

Para el cálculo y la determinación de las pérdidas de fricción en las tuberías a presión que conforman el sistema existen distintas fórmulas, sin embargo, a continuación, se presentan las más utilizadas:

Metodología con Hazen y William

$$H_f = \frac{10.64 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

$$H_f = 0.000927 \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de presión (m.c.a./m).

Q = Caudal (m³).

D = Diámetro interior (m).

C = Factor de fricción constante (C=150).

Metodología con Darcy y Weisbach, Colebrook y White

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

Hf = Pérdida de presión (m.c.a.).

f = Factor de fricción ().

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro interior (m).

v = Velocidad media (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

El cálculo de f factor de fricción depende del tipo de flujo que se presenta en la tubería, es decir, si es laminar o turbulento. Para la determinación del tipo de flujo es importante el cálculo del número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³).

V = Velocidad media (m/s).

D = Diámetro interior (m).

μ = Viscosidad Cinemática (PA-S)

Si tenemos un número de Reynolds menor a 2000 el flujo es laminar y el cálculo del factor de fricción f es el siguiente:

$Re < 2000$ - Flujo Laminar

$$H_f = \frac{64}{Re}$$

Por el contrario, si tenemos un número de Reynolds mayor a 4000, lo cual es lo más usual de encontrar en un sistema de acueducto, el flujo es turbulento y el cálculo del factor de fricción f se realiza con la ecuación de Colebrook – White.

$Re > 4000$ - Flujo Turbulento

$$1/\sqrt{f} = -2\log_{10} \left(\frac{K_s}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde:

K_s = Rugosidad absoluta de la tubería (m). ($1.5 * 10^{-6}$ para PVC)

f = Factor de fricción ().

D = Diámetro interior (m).

Re = Número de Reynolds ().

Pérdidas Menores

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de las pérdidas de energías efectuadas en los distintos accesorios que componen el sistema, denominadas pérdidas menores, las cuales se presentan en codos, tees, derivaciones, reducciones, válvulas, entre otros. Dichas pérdidas de energía se calculan con la siguiente ecuación.

$$H_m = K_m * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_m = Pérdidas energía por accesorios (m.c.a.).

V = Velocidad media (m/s).

K_m = Coeficientes de pérdidas menores para cada accesorio ().

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)



10. Reparaciones

En caso de que sea necesario reemplazar una sección de la tubería, Durman puede proveer acoples de reparación para simplificar y acelerar la operación de reparación. La sección de reemplazo puede constar de una longitud de tubería con dos extremos de espiga y dos uniones de reparación o una longitud de tubería con una campana integral y un extremo de espiga y una unión de reparación.

Cuando se quite la sección, asegúrese que esté incluido todo el daño, es decir, que no se dejen fracturas capilares internas en la línea y que haya suficiente espacio para realizar las reparaciones.

1. Determine la longitud de la sección de reemplazo como se muestra en la ilustración siguiente. Corte la tubería hasta la longitud correcta.

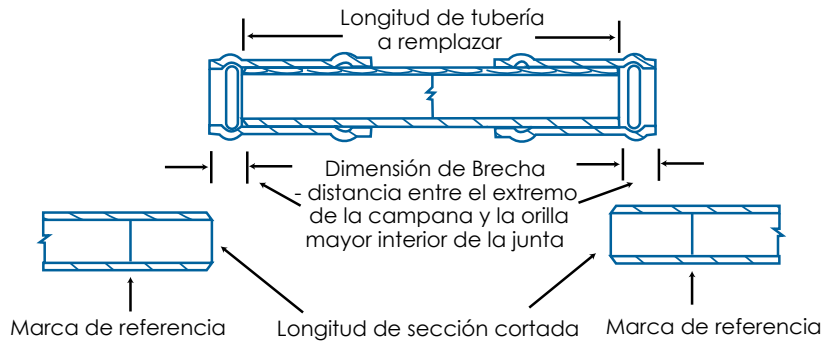


Ilustración 15. Reemplazo de sección de tubería

2. Bisele los extremos de la tubería y la sección en reparación. Localice las marcas de referencia en todos los extremos.

3. Instale las uniones como se muestra en la Figura anterior o en los extremos de la tubería en lugar de la sección de reemplazo.

4. Inserte la sección de reemplazo a la tubería y deslice las uniones a su posición como se muestra abajo. Las uniones deben centrarse encima de la brecha y equidistante de las marcas de referencia.

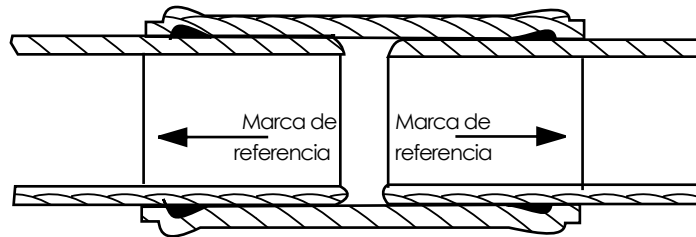
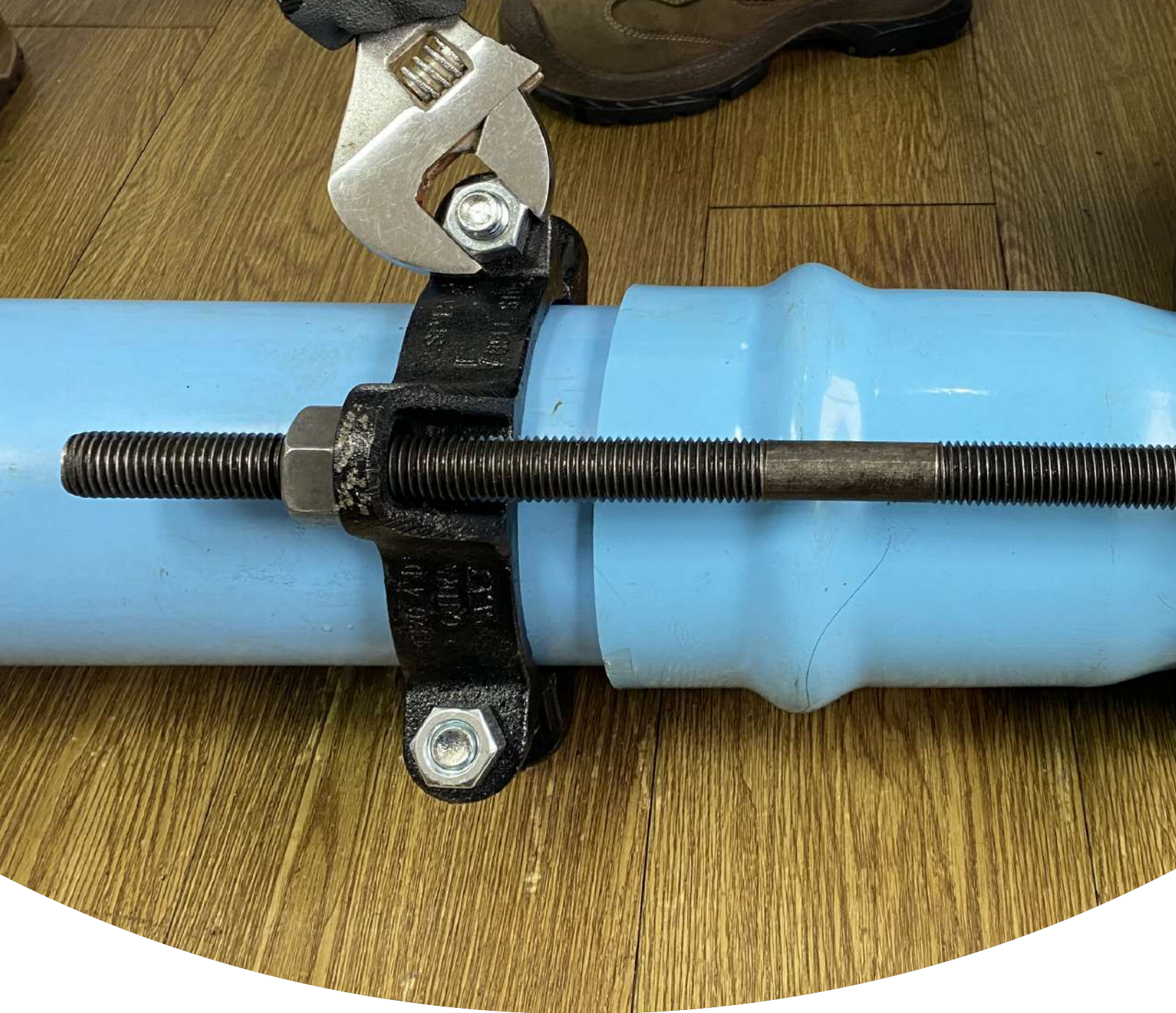


Ilustración 16. Marca de referencia para reemplazo de sección

Cuando se use una sección con una campana integral, es posible que tenga que exponerse más de la tubería para permitir la desviación de la tubería a fin de proporcionar la alineación correcta de la junta de reemplazo. Cuando determine la longitud de la sección de reemplazo, deje un margen para la dimensión de brechas en un extremo solamente. Complete primero la junta de la campana integral, después deslice la unión reparación a su lugar.



11. Índice de tablas e ilustraciones

11.1 Índice de tablas

Tabla 1. Dimensiones de la tubería	10
Tabla 2. Válvula de corte Serie 802	18
Tabla 3. Válvula de corte Serie 803	18
Tabla 4. Válvula de corte Serie 816	19
Tabla 5. Kit Serie 926	19
Tabla 6. Clasificación de suelo	32
Tabla 7. Diámetros, longitudes de inserción y diámetro máximo en el área del anillo	37
Tabla 8. Tamaño máximo de partículas para relleno	38
Tabla 9. Porcentaje % de Deflexión para tubería RD 25, 18 y 14	40
Tabla 10. Empuje desarrollado por 100 PSI de presión (Fuerza en libras)	42
Tabla 11. Desviación máxima recomendada	46
Tabla 12. Rendimiento Lubricante	46
Tabla 13. Presiones de prueba según DR	50
Tabla 14. Tolerancia de agua de reemplazo en galones americanos por 1000 pies (50 juntas) por hora	51
Tabla 15. Tolerancia de agua de reemplazo en litros por 305 metros (50 juntas) por hora	51

11.2 Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Zonas de conformación para cimentación	30
Ilustración 2. Cimentación	31
Ilustración 3. Aplicación lubricante	33
Ilustración 4. Ensamble máximo	34
Ilustración 5. Profundidad de inserción del espigo	34
Ilustración 6. Ensamble accesorios en hierro dúctil	35
Ilustración 7. Chaflán	36
Ilustración 8. Ángulo del Chaflán	37
Ilustración 9. Compactación	39
Ilustración 10. Bloques de anclaje en válvulas	40
Ilustración 11. Capacidades de resistencia de suelos no alterados	41
Ilustración 12. Ubicación típica de bloques de anclaje	42
Ilustración 13. Resistencia al empuje vertical	43
Ilustración 14. Radio de curvatura	44
Ilustración 15. Reemplazo de sección de tubería	56
Ilustración 16. Marca de referencia para reemplazo de sección	56

Planta

Madrid (Cundinamarca)

Km 27 vía Fontibón - Facatativá - Los Alpes
Tel: +57.601.820.0200

Servicio Al Cliente

E-mail: colombia@alixis-la.com
018000 9188 26
018000 5211 01

Centros de Distribución

Malambo

Calle 4 A # 1 F - 93. Barrio El Tesoro
Tel: +57.605.366.4700 | +57.605.366.4725
Cel: +57 315 649 35 07
Oficina Comercial Barranquilla
Carrera 55 No. 100 - 51 Of. 605
Centro Empresarial Blue Gardens

Medellín

Calle 30 No. 40 - 21 Itagüí
Cel: +57.317.501.5591 | +57.317.659.1611

Cali

Carrera 27B # 13-270 Bloque 8 Bodega 2
Zona Industrial Arroyohondo
Cel: +57.317.637.3006

Ventas

Cartagena

Cel: +57.315.682.9051
Cel: +57.316.464.3137

Santa Marta

Cel: +57.317.426.9781

Eje Cafetero

Cel: +57.315.354.1652

Ibagué

Cel: +57.317.648.7453

Villavicencio

Cel: +57.316.478.1253

Bucaramanga

Cel: +57.317.436.7651

www.durman.com.co



@DurmanColombia



@Durmanbyalixiscolombia



Durman by alixis Colombia



DurmanColombia



+57.316.620.9321

