

Manual Técnico de Tubosistemas Hidráulicos



Biaxial[®]

PVC Biorientado Dúctil



Calidad Certificada por la Norma:UNE-ISO 16422 2008

Tubosistemas Hidráulicos Amanco Biaxial®

Indice General

Características	5
Resistencia.....	5
Fortaleza.....	7
Resistencia Química a la Corrosión.....	9
Resistencia a los Efectos Ambientales.....	9
Paredes Internas Lisas.....	10
Peso Liviano.....	10
Flexibilidad.....	11
Baja Conductividad Térmica.....	11
Propiedades	11
Normas.....	11
Portafolio	12
Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®.....	12
Accesorios PVC-O Amanco Biaxial®.....	13
Diseño	16
Diseño Hidráulico.....	17
Cálculo del Golpe de Ariete.....	19
Diseño de Anclajes.....	20
Diseño de Curvatura Longitudinal.....	21
Cálculo de la Cimentación	24
Guía de Instalación	25
Recepción, Transporte, Almacenamiento.....	25
Manipulación.....	26
Instalación.....	26
Mantenimiento	29
Puesta en Servicio	29
Prueba Hidrostática.....	29
Limpieza y Desinfección.....	31

Características

Resistencia

La máxima tensión a la falla. Es la habilidad de las tuberías de resistir la rotura debido a la presión interna.

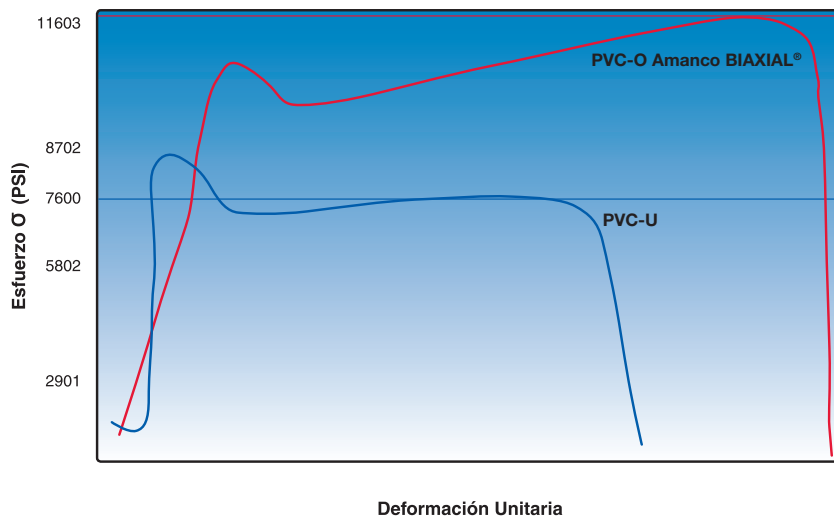
Con el PVC de nueva generación y al ser biorientadas las moléculas de las Tuberías PVC-O Amanco BIAXIAL®, éstas pueden soportar más “presión hidráulica”, es decir, la fuerza requerida para tensionar la estructura molecular biorientada es mucho mayor que la requerida en las tuberías de PVC-U (tradicional).

✓ Resistencia a la Tensión

El gráfico a continuación muestra el incremento en resistencia a la tensión en el sentido diametral de PVC-O Amanco BIAXIAL® respecto al PVC-U (tradicional).



RESISTENCIA A LA TENSIÓN



Para PVC-O Amanco BIAXIAL® la resistencia última a la tensión es de 815.56 Kg/cm², para PVC-U es de 534.33 Kg/cm. El incremento es del 50% aproximadamente, debido a la mejora tecnológica del PVC y a la biorientación de las moléculas.

✓ Resistencia Hidrostática

El esfuerzo máximo de servicio en los materiales plásticos, depende del tiempo. Es por esto necesario definir el esfuerzo máximo de servicio en un tiempo de vida útil. Se ha escogido para los plásticos, 50 años. Este tiempo puede ser mayor, dependiendo del factor de seguridad.

Para conocer el comportamiento del material en los 50 años se toman muestras de tubería y se hacen ensayos. Estos datos se grafican usando escala logarítmica y los 50 años son obtenidos por análisis de regresión.

PVC-O Amanco BIAXIAL® está diseñada de acuerdo con la norma ISO 16422, con:

MRS: Resistencia Mínima requerida.

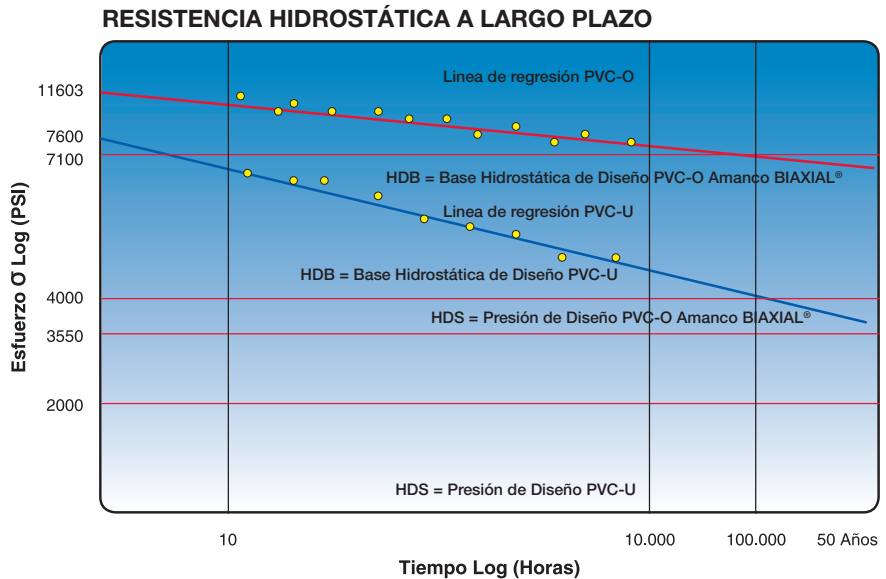
SF: Factor de Seguridad, (diseño)

σ_s : Esfuerzo hidrostático, expresado en MPa y es el esfuerzo inducido en la pared del tubo cuando se somete a una presión hidrostática interior.

PN: La presión estimada máxima que el medio puede causar en la tubería con un alto grado de certeza de que la tubería no va a fallar.

Descripción	PVC-U	PVC-O Amanco Biaxial®
MRS	25 MPa	45 MPa
SF	2	1.6
σ_s	12.5 MPa	28 MPa
PN	11 Kg/cm ² RD 26	11 Kg/cm ² SDR 46 ⁽¹⁾

(1) Los valores de SDR para (PVC O) Biaxial® no son iguales a los de RD PVC-U por lo que no son comparables.



La vida útil es de 50 años*

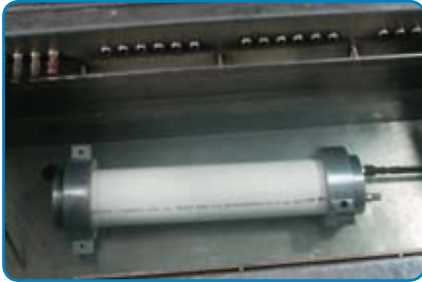
*Esta información no es una Garantía de Producto dado que Amanco no ejerce control sobre todos los aspectos que se presentan en la instalación y que afectan directamente el desempeño y la vida útil del producto.

Fortaleza

Los planos moleculares biorientados que se generan en el proceso de biorientación aumentan considerablemente sus propiedades mecánicas. Estos planos responden a las fallas en forma "independiente", sin transmitir la falla a los planos siguientes. Esta fortaleza se ve reflejada en la resistencia a la fractura frágil. Es la resistencia al daño externo por impacto y a la propagación lenta de fracturas. Es respuesta dúctil en el evento de fallas.

La estructura laminada, por capas, producto de la biorientación ofrece excelente resistencia a la fractura frágil.

▼ RESISTENCIA A LA FRACTURA FRÁGIL, SECUENCIA



✓ Resistencia a la Fractura Frágil

Inflándose por efecto de la sobre presión interna, hasta obtenerse una rotura dúctil.

La Tubería PVC-O Amanco BIAxIAL® es, en mayor medida que la Tubería de PVC-U tradicional, capaz de absorber sobre presiones causadas por lo efectos del golpe de ariete.

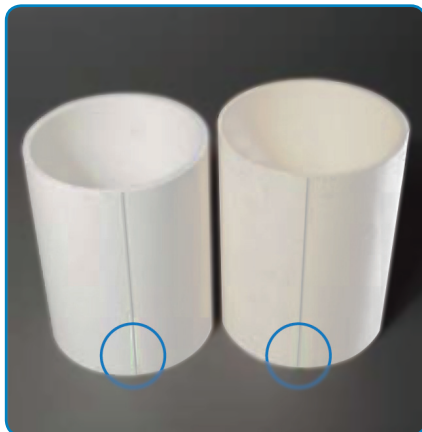
✓ Resistencia al Impacto

Las Tuberías tradicionales en PVC-U pueden volverse propensas a la rotura debido a golpes durante la manipulación y almacenamiento o por elementos duros como rocas, próximos a la línea enterrada, esto es por impactos inadvertidos.

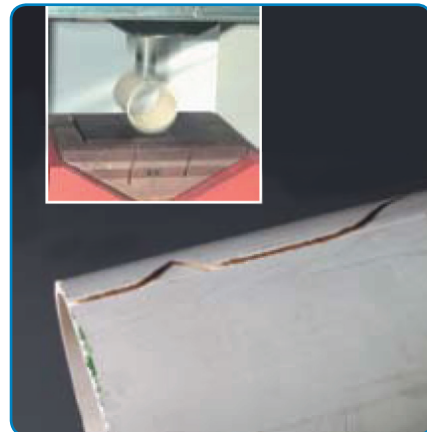
El requerimiento, de acuerdo con la ISO 3127, para este tipo de tubería se exige un impacto mayor al considerado en las normas para tubería de PVC-U tradicional.

Si causamos una fisura a ambas Tuberías, PVC-U y a PVC-O Amanco Biaxial® de una profundidad del 25% de su espesor y hacemos prueba de impacto con 11.06Kg·m a cada una de ellas, vemos que el PVC-U se fractura en múltiples pedazos, en cambio en PVC-O Amanco Biaxial® solo se rompe la parte fisurada, no transmite la fractura más allá del plano molecular biorientado fisurado previamente.

▼ RESISTENCIA AL IMPACTO



▼ PVC-O Amanco Biaxial®



▼ PVC-U TRADICIONAL



✓ Propagación de Fracturas

▼PVC-O Amanco Biaxial® ▼PVC-U



La estructura laminada de PVC-O Amanco Biaxial® evita la transmisión de fracturas a través de la pared de la tubería, lo que no sucede con las tuberías de PVC-U. Amanco ha realizado el ensayo de comprobación, simulando esta condición con fisuras a ambas tuberías y sometiéndolas a tensión, de tal forma que se abre el anillo 127mm y se puede comparar el comportamiento de la fisura.

PVC-O Amanco Biaxial® alcanza una fuerza máxima de tensión de 0.85kgf.m para una abertura de 12.63cm y para PVC-U tradicional de 1.08kgf.m para una abertura únicamente de 4.06cm.

Para PVC-O Amanco Biaxial® la fuerza es siempre creciente.

El diseño de producto y el desempeño de un sistema de tubería para transporte de fluidos, como el caso de los sistemas de Agua Potable depende del balance de estos dos criterios, Resistencia y Fortaleza. PVC-O Amanco Biaxial® mejora considerablemente estas características, ofreciendo ventajas y beneficios a los sistemas como son:

Característica	Beneficio
Mayor Resistencia	Incrementa resistencia a la presión hidrostática y a la tensión, permite reducir los espesores de pared. Mayor durabilidad. Tuberías más livianas para la misma presión de servicio.
Mayor Fortaleza	Aumenta la resistencia al impacto a bajas temperaturas, mayor resistencia a la fractura frágil, mayor resistencia a la propagación lenta de fracturas. Los golpes causados durante la manipulación no conducen a daños en el corto o mediano plazo. Respuesta dúctil. Es tolerante al maltrato.
Menor Espesor de Pared	Mayor flexibilidad, menor peso, más fácil manipulación, beneficios para la salud y seguridad humana, se incrementa la capacidad de transporte de agua. Ahorros en instalación y energía consumida para la operación de los sistemas.
Proceso en Línea	Garantía de consistencia y calidad del producto. Confiabilidad. Mayor productividad. Entregas oportunas
Campana con anillo elastomérico instalado en Fábrica	Elimina el riesgo de desplazamiento del sello durante el ensamble con confiabilidad.

Además, PVC-O Amanco Biaxial® ofrece los beneficios propios de las Tuberías para Agua a presión Amanco.

Resistencia Química a la Corrosión

Las Tuberías PVC-O Amanco BIAXIAL® y PVC-U tradicional son inmunes a casi todos los tipos de corrosión, químicas y electroquímicas, que pueden encontrarse en un sistema de tuberías enterradas. Efectos galvánicos y electroquímicos no existen en sistemas de tuberías de PVC-U tradicional y PVC-O Amanco BIAXIAL® ya que los componentes de estos materiales no son conductores de la electricidad. Las tuberías de PVC-U y PVC-O Amanco BIAXIAL® no sufren daños por aguas o suelos agresivos, en consecuencia no requieren de protecciones catódicas, recubrimientos especiales o pinturas. Esto significa ahorro en costos iniciales de los sistemas, garantía de larga vida de éstos y durabilidad.

Resistencia a los Efectos Ambientales

TEMPERATURA

La temperatura de operación tiene influencia importante en el comportamiento de las tuberías de PVC-U tradicional y las PVC-O Amanco BIAXIAL®, teniendo en cuenta que este es un material termoplástico. Las tuberías están diseñadas para operar a 23°C, como temperatura promedio. Si la temperatura decrece, su rigidez y resistencia a la tensión incrementa, por lo que su capacidad de presión y habilidad de soportar cargas aumenta, pero simultáneamente, decrece su resistencia al impacto y su ductilidad decrece, que implica mayor cuidado en el proceso de instalación y manipulación.

Si la temperatura aumenta, disminuye su rigidez y resistencia a la tensión, lo que significa que debe tenerse mayor cuidado en la instalación y que su capacidad de resistencia a la presión interna disminuye y debe tenerse en cuenta anticipadamente en el diseño. Ver cuadro a continuación.

FACTORES PARA CORRECCIÓN DE PRESIÓN DE TRABAJO POR AUMENTO DE TEMPERATURA

Temperatura °C (°F)	Factor para Multiplicar Presión de Trabajo a 23°C
27 (80)	0,88
32 (90)	0,75
38 (100)	0,62
43 (110)	0,50
49 (120)	0,40
54 (130)	0,30
60 (140)	0,22

Tomado de Handbook of PVC Pipe UniBell

ATAQUE BIOLÓGICO

Es la degradación o deterioro causada por la acción de micro y macroorganismos. Ni el PVC-U tradicional ni el PVC-O Amanco BIAXIAL® son atacados, ya que no sirve como nutriente a estos organismos. Esto significa que no requiere especiales consideraciones de instalación para prevenir un ataque biológico en sistemas de Tuberías PVC-O Amanco BIAXIAL®.

CLIMA

Largas exposiciones a la radiación ultravioleta, UV, provenientes de la luz solar, pueden causar deterioro en la superficie de PVC-O Amanco BIAXIAL®. Este término es llamado Degradación Ultravioleta. El deterioro causa disminución en la resistencia al impacto, pero no afecta la resistencia a la presión. Las tuberías de PVC-O Amanco BIAXIAL® no son recomendadas para aplicaciones donde se van a estar expuestas en forma permanente a la luz solar, a menos que se provea alguna protección como pintura o recubrimientos.

ABRASIÓN

Alta resistencia a la abrasión gracias a la resiliencia del compuesto de PVC-O Amanco BIAXIAL®. Supera a todos los materiales convencionales.

FORMACIÓN DE TUBÉRCULOS

Los elementos incrustantes como carbonato de calcio, no se precipitan en las paredes lisas de las Tuberías PVC-O Amanco BIAXIAL®, como las tuberías de PVC-U traciacional no se corroen y no se produce tuberculación.

Paredes Internas Lisas



Ofrecen baja resistencia al flujo, lo que permite mayores capacidades hidráulicas. Dificultan la formación de biopelículas y facilitan su desprendimiento en las operaciones de limpieza.

Peso liviano



Las Tuberías PVC-O Amanco BIAXIAL® son más livianas, fáciles de transportar y manipular, así como de instalar, no requieren equipos pesados. Esto permite ahorro en costos y seguridad en los sistemas.



Flexibilidad



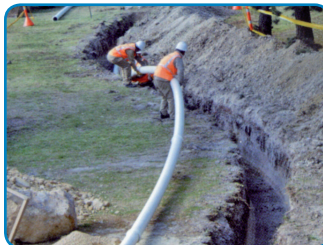
Capacidad de acomodarse sin afectación estructural de las tuberías a las condiciones del terreno.

De acuerdo con la Norma ISO 9969, se hacen ensayos de rigidez, de tal forma que las Tuberías no presenten evidencia de fractura al ser deflectadas al 3% de su diámetro interno.

Baja conductividad Térmica

Propiedades que permiten que se use como aislante térmico.

PVC-O Amanco Biaxial® es la mejor opción para conducción de agua a presión con Tubosistemas dúctiles, flexibles, más resistentes a la propagación de fisuras y livianos.



Propiedades

Normas

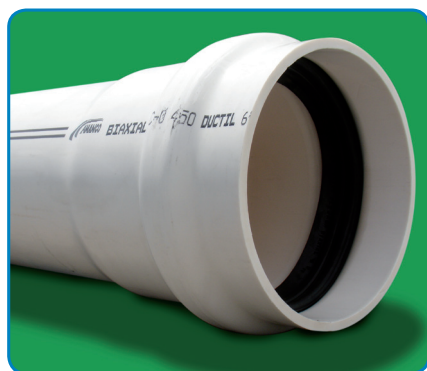
- La Tubería PVC-O Amanco Biaxial® es fabricada en diámetros exteriores de acuerdo con la Norma ASTM F 1483, Standard Specification for Oriented Poly (Vinyl Chloride), PVCO, Pressure Pipe
- UNE-ISO 16422 2008 Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión
- Para los anillos la norma NMX-T-021 2009, ISO 4633

Portafolio

Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®



Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Diámetro Interior	Longitud
		Presión Nominal o de Trabajo a 23°C		Tubo
		11kg/cm² (SDR 46)*		m
pulg	mm	mm	mm	
4	114.30	2.52	109.26	6.0
6	168.28	3.71	160.86	6.0
8	219.08	4.83	209.42	6.0
10	273.05	6.02	261.01	6.0
12	323.85	7.14	309.57	6.0



Las Tuberías se fabrican campana – espiga , con el anillo instalado en fábrica, que garantiza adecuado ensamble en obra, evitando su desplazamiento en el proceso de instalación.

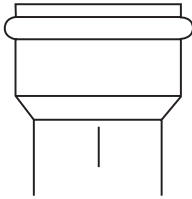
PRODUCTO ÚNICAMENTE SOBRE PEDIDO

*NOTA: EL SDR DE LAS TUBERÍAS BIAxIAL NO CORRESPONDE AL RD DEL PVC-U TRADICIONAL.

Accesorios Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®

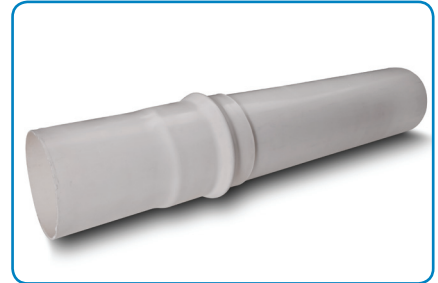
TUBERÍA CON ANILLO INCLUIDO

PVC-O Amanco BIAxIAL®



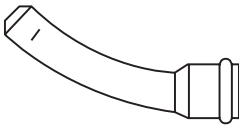
Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100 SDR 46	4
150 SDR 46	6
200 SDR 46	8

Diámetro Nominal	
mm	pulg.
250 SDR 46	10
300 SDR 46	12



CODOS RADIO 45°

ESPIGA X UNION

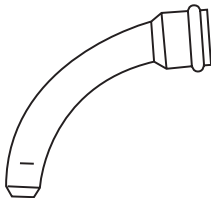


Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



CODOS RADIO 90°

ESPIGA X UNION

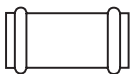


Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



COPLE DE REPARACIÓN

ESPIGA X UNION



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8

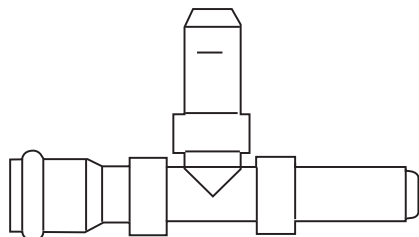


PRODUCTO ÚNICAMENTE SOBRE PEDIDO

*NOTA: EL SDR DE LAS TUBERÍAS BIAxIAL NO CORRESPONDE AL RD DEL PVC-U TRADICIONAL.

Accesorios Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®

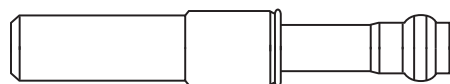
TEES



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100 X 75	4 X 3
100 X 50	4 X 2
150 X 100	6 X 4
200 X 100	8 X 4
100 X 50 X 100	4 X 2 X 4
100 X 75 X 100	4 X 3 X 4
100 X 100	4 X 4
150 X 150	6 X 6
200 X 200	8 X 8



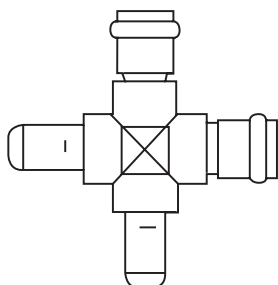
REDUCCIONES ESPIGA



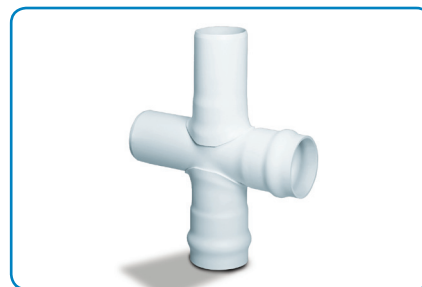
Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100 X 50	4 X 2
100 X 75	4 X 3
150 X 100	6 X 4
200 X 100	8 X 4
200 X 150	8 X 6



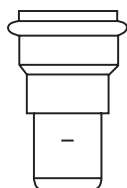
CRUZ



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100 X 75	4 X 3
100 X 100	4 X 4
150 X 100	6 X 4
150 X 150	6 X 6
200 X 200	8 X 8



REDUCCIÓN CAMPANA



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100 X 50	4 X 2
100 X 75	4 X 3
150 X 100	6 X 4
200 X 100	8 X 4
200 X 150	8 X 6

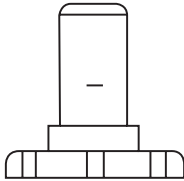


PRODUCTO ÚNICAMENTE SOBRE PEDIDO

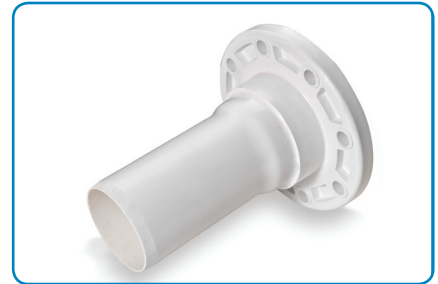
*NOTA: EL SDR DE LAS TUBERÍAS BIAxIAL NO CORRESPONDE AL RD DEL PVC-U TRADICIONAL.

Accesorios Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®

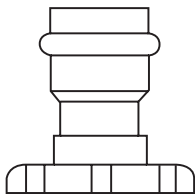
EXTREMIDAD ESPIGA



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



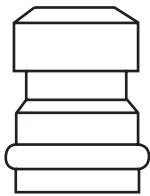
EXTREMIDAD CAMPANA



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



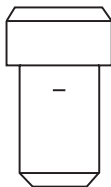
TAPÓN CAMPANA



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



TAPÓN ESPIGA



Diámetro Nominal	
mm	pulg.
100	4
150	6
200	8



✓ Lubricante Amanco Biaxial®

Empaque de 500 gr.



Diámetro Nominal (pulg.)	Longitud de penetración de las espigas (mm)	Uniones por 500g de Lubricante (unidades)
4	114.30	100
6	139.70	45
8	158.75	30
10	184.75	20
12	209.55	15

Diseño

El estudio sobre el comportamiento hidráulico y la determinación del coeficiente de rugosidad en tuberías de agua potable forma parte de los temas de investigación que desarrolla el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA) de la Universidad de los Andes a través de la “Cátedra PAVCO” período 2001 – 2002, proyecto de investigación patrocinado por Amanco desde hace 13 años.

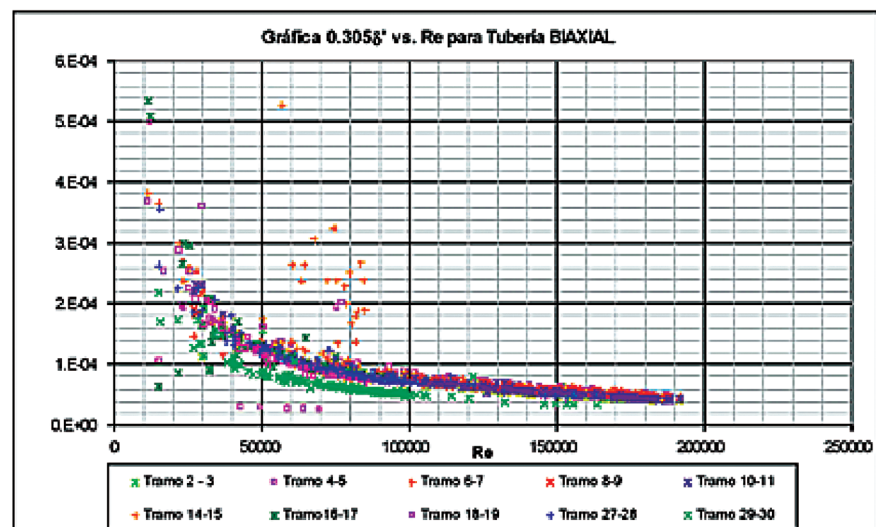
El estudio consiste en la modelación de las pérdidas por fricción generadas por diferentes regímenes de flujo a partir de un montaje realizado en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de los Andes con la tubería y la información observada se valora por un modelo matemático. A partir del montaje del modelo físico a escala real se simulan las pérdidas de energía generadas bajo diferentes caudales, así, se obtienen datos experimentales de la presión en diferentes tramos de la tubería. Los datos son valorados por un modelo matemático de análisis de flujo a presión en tuberías aplicando las ecuaciones de Bernoulli para las pérdidas por fricción, de Darcy-Weisbach para la valoración de los resultados, el entendimiento del Diagrama de Moody y de los diferentes tipos de flujo presentes en las tuberías con flujo a presión (flujos laminar, turbulento hidráulicamente liso, hidráulicamente rugoso y flujo transicional).

A partir de los resultados se obtienen curvas experimentales que son graficadas en el Diagrama de Moody en donde el principal objetivo es analizar el desempeño de la Tubería PVC-O Amanco Biaxial® bajo diferentes condiciones de caudal y establecer la rugosidad absoluta del material de la tubería.

Resultados

Luego de analizar el ensayo de laboratorio se logró establecer el gasto necesario para que la rugosidad teórica de la Tubería PVC-O Amanco Biaxial® (0.0015 mm) empiece a afectar las pérdidas por fricción que se generan, es decir el caudal necesario para que la subcapa laminar viscosa disminuya hasta que la rugosidad teórica supere el límite de $0.305 \delta'$, donde δ' corresponde al espesor de la subcapa laminar viscosa.

Se encontró que para que se cumpla lo anterior la magnitud del gasto debe ser muy alta, correspondientes a velocidades que superan ampliamente las velocidades máximas permitidas por las empresas operadoras del servicio de agua potable, por lo que se puede asegurar que las Tuberías PVC-O Amanco Biaxial® siempre van a estar trabajando bajo flujo hidráulicamente liso y por lo tanto la rugosidad del material no va a afectar las pérdidas de energía que se generen. La principal conclusión del ensayo permite asegurar que las pérdidas de energía que se van a producir en una Tubería PVC-O Amanco Biaxial® son muy pequeñas en comparación con otros materiales y que además su rugosidad (k_s) no va a afectar el régimen de flujo.



Comportamiento del límite de los flujos en los datos experimentales

METODOLOGÍA SEGÚN LA FÓRMULA WILLIAM & HAZEN

$$F = \frac{10,64 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,871}}$$

$$F = 0,000927 \frac{Q^{1,852}}{D^{4,871}}$$

F = Pérdida de presión en m.c.a/1mt

Q = Gasto m³/s

D = Diámetro interior en m

C = Factor de fricción constante=150

NOTA IMPORTANTE:

Los parámetros de diseño de un proyecto y obra son responsabilidad exclusiva del diseñador

METODOLOGÍA DARCY-WEISBACH

Para diseñar de acuerdo con la metodología de Darcy-Weisbach se utilizan las siguientes ecuaciones:

ECUACION DE DARCY-WEISBACH

$$h_f = f \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$$

ECUACIÓN DE COLEBROOK-WHITE

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{K_s}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

h_f = Pérdida de presión a lo largo del tramo (m)

f = Factor de fricción de Darcy (Adimensional)

l = Longitud del tramo de tubería (m)

d = Diámetro interior de la tubería (m)

V = Velocidad media del flujo (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

K_s = Rugosidad absoluta de la tubería (m).

Para PVC = $1.5 \cdot 10^{-6}$ m

Re = Número de Reynolds = $V \cdot d / \nu$ (Adimensional)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA

Temperatura °C	Viscosidad Cinemática cm ² /sg
0	0,0176
10	0,0131
12	0,0124
20	0,0100
30	0,0080
40	0,0066
60	0,0048
80	0,0036
100	0,0030

Tomado de Tuberías, tomo 1 J.M. Mayol

Cálculo del Golpe de Ariete

Definición

Una columna de líquido moviéndose tiene inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Estas sobrepresiones pueden llegar a ser lo suficientemente grandes para reventar cualquier tipo de tubería. Este fenómeno se conoce con el nombre de Golpe de Ariete.

Las principales causas de este fenómeno son:

1. La apertura y el cierre rápidos de una válvula
2. El arranque y el paro de una bomba
3. La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las Tuberías

$$P = \frac{aV}{g} \text{ con:}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1+(K/E)} (\text{SDR}-2)}$$

Valores de "a" para tubería Biaxial/60 psi

SDR	a(m/s)
46	246

Al cerrar una válvula, la sobrepresión máxima que se puede esperar se calcula así:

En donde:

P = Sobrepresión máxima en metros de columna de agua, al cerrar bruscamente la válvula.

a = 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 de la Tubería (2.81 x 10⁴ Kg/cm² para PVC Tipo 1, Grado1)

Un efecto no muy conocido pero mucho más perjudicial para las Tuberías es el del aire atrapado en la línea.

El aire es compresible y si se transporta con el agua en una conducción este puede actuar como un resorte, comprimiéndose y expandiéndose aleatoriamente.

Se ha demostrado que estas compresiones repentinas pueden aumentar la presión en un punto, hasta 10 veces la presión de servicio.

Para disminuir este riesgo se deben tomar las siguientes precauciones:

1. Mantener siempre baja velocidad, especialmente en diámetros grandes. Durante el llenado de la Tubería, la velocidad no debe ser mayor de 0.3 m/seg, hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.
2. Instalar válvulas de admisión y espulsión de aire, en los puntos altos, bajos y a lo largo de tramos rectos, muy largos, para purgar el aire, y permitir su entrada cuando se interrumpe el servicio.
3. Durante la operación de la línea, prevenir la entrada del aire en las bocatomas, rejillas, etc., de manera que el flujo de agua sea continuo.

NOTA IMPORTANTE:

Los parámetros de diseño de un proyecto y obra, son de única responsabilidad del diseñador.

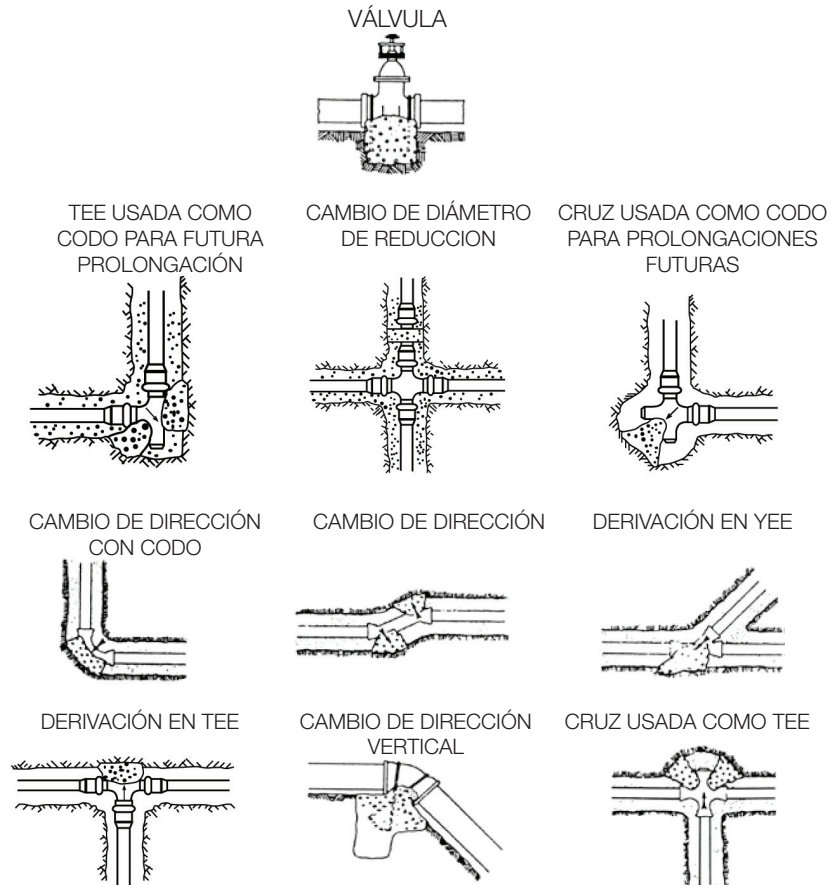
Cuando una tubería está sujeta a presión hidráulica interna, esta presión actúa igualmente en todas las paredes de la tubería produciendo "fuerzas de empuje". Es esencial eliminar los movimientos debidos a estos empujes cuando la tubería no está unida por soldadura. Debe preverse empotramiento externo en todas las tees, curvas, tapones, válvulas, etc. para resistir las fuerzas de empuje. Debido a la flexibilidad entrínscesa de PVC, es además importante diseñar los empotramientos en las curvas para contrarrestar la tendencia o descolaptarse. Estos anclajes se requieren en:

- Cambios de dirección
- Cambios en tamaño, reducciones
- Tapones en terminales ciegas
- Conexiones a válvulas, hidrantes, ya que se crea empuje cuando se cierran

El tamaño y tipo de esos bloques o anclajes para el empuje dependen de:

- Presión máxima de operación o de prueba del sistema
- Diámetro de la Tubería
- Diámetro de los Accesorios
- Tipo de Accesorios o conexiones
- Perfil de la línea
- Resistencia del suelo

Tipos de Anclajes



EMPUJE DESARROLLADO POR UNA PRESIÓN DE 7Kg/cm²

Diámetro Nominal	Codo 90°	Codo 45°	Válvulas, TEES, Tapones Ciegos
pulgadas (mm)	Kg fuerza (N)	Kg fuerza (N)	Lb fuerza (N)
4	0.81 (8.007)	0.47 (4.893)	0.59 (5.783)
6	1.81 (17.793)	1.04 (10.231)	1.32 (12.900)
8	3.26 (32.027)	1.86 (18.238)	2.31 (22.686)
10	5.08 (48.820)	2.86 (28.024)	3.58 (35.141)
12	7.26 (71.172)	4.13 (40.479)	5.13 (50.265)

Tomado de AWWA M23

Para dimensionar los bloques hay varios métodos, como los mostrados en MAPAS de la CONAGUA, uno de ellos es asumir la capacidad de soporte del suelo. A continuación se indican valores de acuerdo con el tipo de suelo y son estimadas bajo la premisa de que la profundidad de suelo saturado excede 0.60m. Para mayor seguridad, los valores de capacidad de carga del suelo deben ser determinados para cada proyecto en particular.

CAPACIDAD DE CARGA ESTIMADA

Tipo de Suelo	Kg/m ²	N/m ²
Turba	0	0
Arcilla suave	2.441	24.410
Arena	4.882	48.820
Arena y grava	7.323	73.230
Arena y grava con arcilla	9.764	97.640
Arena y grava cementada con arcilla	19.529	195.290
Arcillas impermeables consolidadas	24.412	244.120

Tomado de AWWA M23

NOTA: El concreto no debe envolver totalmente la Tubería o accesorio PVC-O Amanco Biaxial® ya que con los cambios de presión interna presentan variaciones en el diámetro externo que no se deben impedir, pues causaría esfuerzos innecesarios en la pared del tubo.

Para esto es buena práctica aislar la tubería con un fieltro asfáltico o un polietileno grueso colocado entre la Tubería o accesorio PVC-O Amanco Biaxial® y el concreto.

Diseño de Curvatura Longitudinal

La respuesta de PVC-O Amanco Biaxial® a la curvatura longitudinal es una gran ventaja en instalaciones enterradas. Estas curvaturas pueden hacerse para cambiar el alineamiento para evitar obstrucciones o puede simplemente ocurrir en respuesta a situaciones no planeadas, tales como asentamientos diferenciales de válvulas e hidrantes a los que la tubería está rígidamente conectada, asentamientos disperejos o erosión del encamado de la tubería, movimientos del suelo debidos a variaciones a las condiciones de humedad, presencia de nivel freático o movimientos sísmicos.

Para el cálculo de la curvatura longitudinal a que puede someterse la tubería, sin considerar deflexión longitudinal en las uniones:

Cálculo de la tensión de curvatura permitida:

$$S_b = (HDB - S_t) * (T/SF)$$

Dónde,

S_b = Tensión de curvatura permitida

HDB = Base Hidrostática de Diseño

S_t = HDB/2, Esfuerzo de Tensión, psi

SF = Factor de Seguridad, 2

T = Factor de Corrección de Presión de Trabajo con la Temperatura

El Momento inducido por la curvatura longitudinal,

$$M = S_b * I / c$$

Dónde,

M = Momento de la curvatura, pulg-lb

c = DE/2, distancia de la fibra externa al eje neutro, pulg

I = Momento de Inercia, pulg⁴

En Tuberías de pared sólida,

$$I = \pi / 64 * (DE^4 - DI^4) = 0.0491 (DE^4 - DI^4)$$

Dónde,

DE = Diámetro exterior, pulg

DI = Diámetro Interior, pulg

Asumiendo que la curvatura conforma un arco circular, el radio mínimo en pulgadas,

R_b , será:

$$R_b = E * I / M$$

Donde además de los definidos arriba,

E = Módulo de Elasticidad de la tubería, psi

El valor del ángulo β en grados, formado por la longitud de la tubería L,

$$\beta = 360L / 2\pi R_b$$

Con L y R_b con iguales unidades de longitud.

El valor del ángulo α de la deflexión de la tubería curvada desde una tangente al círculo,

$$\alpha = \beta / 2$$

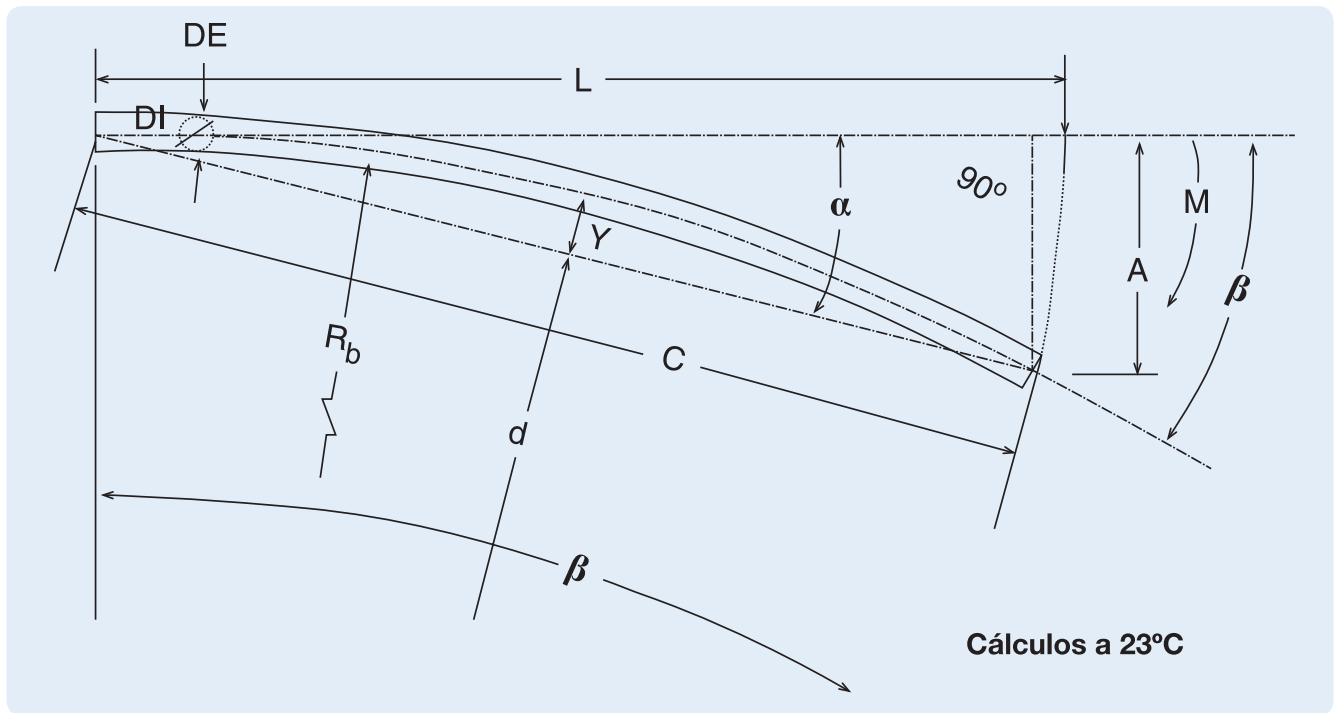
La distancia perpendicular desde la tangente del círculo hasta el extremo de la tubería,

$$A = 2R_b * (\text{Seno } \beta / 2)^2$$

Si se asume que durante la instalación, la tubería está temporalmente fija en un extremo y actúa como una viga en cantilever, la fuerza lateral requerida para obtener el desplazamiento A es:

$$P = 3 * E * I * A / (L^3)$$

CURVATURA LONGITUDINAL PERMITIDA PARA TUBERIA DE PVC-O



Para obtener las curvaturas longitudinales se hace necesario bloquear las uniones para asegurar la alineación recta de éstas.

Cuando el valor de β necesario supera el valor permitido para una longitud dada de tubería, la curvatura longitudinal debe ser alcanzada distribuyéndola en varias longitudes de tubería.

Curvatura longitudinal para PVC-O Amanco Biaxial®

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Espesor de pared SDR 46 (11 kg/cm ²)	Diámetro Interior	Angulo (α) permisible (°)	Flecha máxima (Y) (cm)	Desplazamiento máximo (A) (m)	Fuerza (P) (kg)
4"	114.3	2.48	109.34	7.5	78	306	4.70
6"	168.28	3.66	160.96	5.3	56	221	15.05
8"	219.03	4.76	209.51	4.3	45	178	33.24
10"	273.05	5.94	261.17	3.4	36	143	64.39
12"	323.85	7.04	309.77	2.7	28	113	107.46

Cálculo de la Cimentación

El diseño de la cimentación se hace controlando la deflexión causada por la carga muerta y viva, usando la Ecuación de Iowa Modificada:

$$\% \text{ Deflexión} = \frac{(DL \times K \times P + K \times W) (100)}{0.149 \times PS + 0.061 \times E'}$$

DL = Factor de Deflexión (1.5) ó

DL = 1 Condición Prisma.

K = Constante de Encamado (0.10)

P = Presión Carga Muerta, kg/m² (psi)

W = Presión de Carga Viva, kg/m² (psi)

PS = Rigidez kg/m² (psi)

E' = Módulo del Suelo kg/m² (psi)

Para condición de zanja. (Marston)

Asumido. (Marston)

Depende del tipo de relleno. (Suelo SM y SC)

Fórmula de Boussinesq.

Rigidez de los tubos BIAxIAL® de Amanco

Capacidad del suelos de resistir deflexión.

E' para Grado de Compactación del Relleno en psi

Clase de Suelo	A VOLTEO	Baja, <85% Proctor, <40% Densidad Relativa	Moderado, 85% - 95% Proctor, 40% - 70% Densidad Relativa	Alta, >95% Proctor, >70% Densidad Relativa
Piedra Quebrada (Clase I)	1000	3000	3000	3000
GW, GP, SW, SP (Clase II)	200	1000	2000	3000
GM, GC, SM, SC (Clase III)	100	400	1000	2000
ML, CL, ML - CL (Clase IV)	50	200	400	1000
Exactitud en Términos de % de Deflexión	±2	±2	±1	±0.5

Con $PS = EI/0,149 r^3$

PS = Rigidez de Tubería, psi

E = Módulo de Elasticidad, 400.000 psi

I = Momento de Inercia de la pared en la sección transversal por unidad de longitud de Tubería, pulg⁴/pulg

R = Radio promedio, RE - t, pulg

Para tubos de pared sólida, $I = t^{3/12}$

Con

t = espesor mínimo de pared, pulg

Entonces:

$$PS = 0,559 \cdot E \cdot (t/r)^3,$$

Como $SRD = DE/t$,

Entonces,

$$PS = 4,47 \cdot E / ((DE/t) - 1)^3 = 4,47 \cdot E / (SRD - 1)^3$$

Guía de Instalación

Recepción, Transporte, Almacenamiento y Manipulación



✓ Recepción en Obra

A la llegada de las Tuberías PVC-O Amanco Biaxial® a la obra, deben inventariarse e inspeccionarse, de tal forma que se verifique la adecuada condición y de acuerdo a lo solicitado.

✓ Transporte

Es la práctica ideal, usar vehículos de superficie de carga lisa, libre de clavos o tornillos salientes para evitar daños.

Cuando se transportan distintos diámetros en el mismo viaje, los diámetros mayores deben colocarse primero en la parte baja de la plataforma del camión.

Se deben dejar libres las campanas alternando campanas y espigas para evitar deformaciones innecesarias que impidan el normal ensamble del sistema.

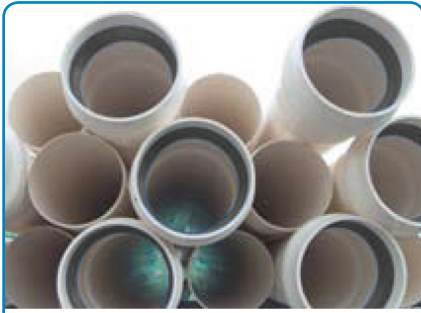
Se recomienda amarrar los tubos con elementos no metálicos, para que no se produzcan cortaduras. Preferiblemente se deben usar correas anchas de lona.

No colocar cargas sobre las tuberías, en los vehículos de transporte.

✓ Almacenamiento

Las Tuberías PVC-O Amanco Biaxial® deben almacenarse horizontalmente en una zona plana, aislada del terreno por apoyos espaciados 1.5m de tal forma que se evite el pandeo de los tubos y que no queden en contacto con los extremos. Deben apilarse en una altura máxima de 1.5m, colocando abajo la tubería más pesada y revisando que no se cause deformación a los tubos.





Las campanas deben quedar libres e intercaladas campanas y espigas.

Si el almacenamiento a la intemperie va a ser mayor a 30 días, debe protegerse de la luz directa del sol con un material opaco manteniendo adecuada ventilación, como es el uso de una malla sombra.

✓ Manipulación

Las Tuberías PVC-O Amanco Biaxial® deben descargarse, no dejarles caer, tanto desde el camión de transporte como a la zanja. Durante la manipulación deben evitarse los golpes y arrastre.

La manipulación no requiere equipos, su peso permite que sea manual, pero si se quiere izar varios tubos a la vez, estos elementos de izaje, que entran en contacto con la Tubería no deben ser metálicos, preferiblemente correas de lona ancha.

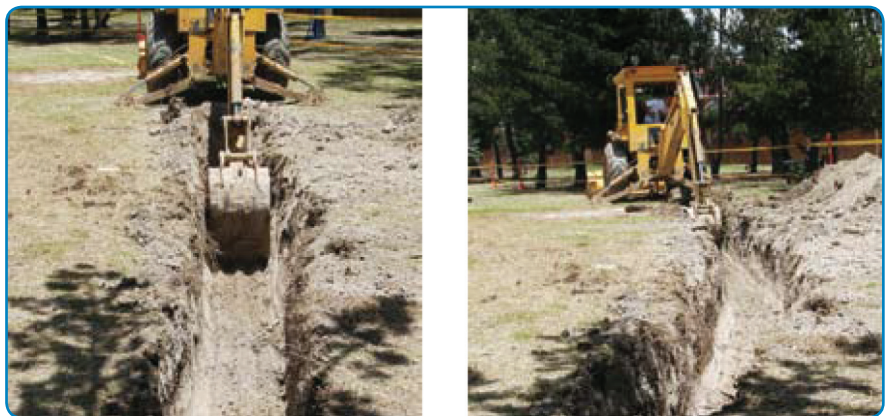
Instalación

La apropiada instalación es esencial para el exitoso desempeño de las Tuberías PVC-O Amanco Biaxial®.

✓ Excavación

Las Tuberías para agua potable a presión se instalan a una profundidad mínima de 0.9 m a la corona del tubo, pero a criterio del consultor debe definirse esta profundidad. El ancho del zanja puede variar de acuerdo con las circunstancias.

Pueden hacerse zanjas tan estrechas como el de DE+100mm, estándares de DE+300mm y máximos recomendados de DE+600mm.



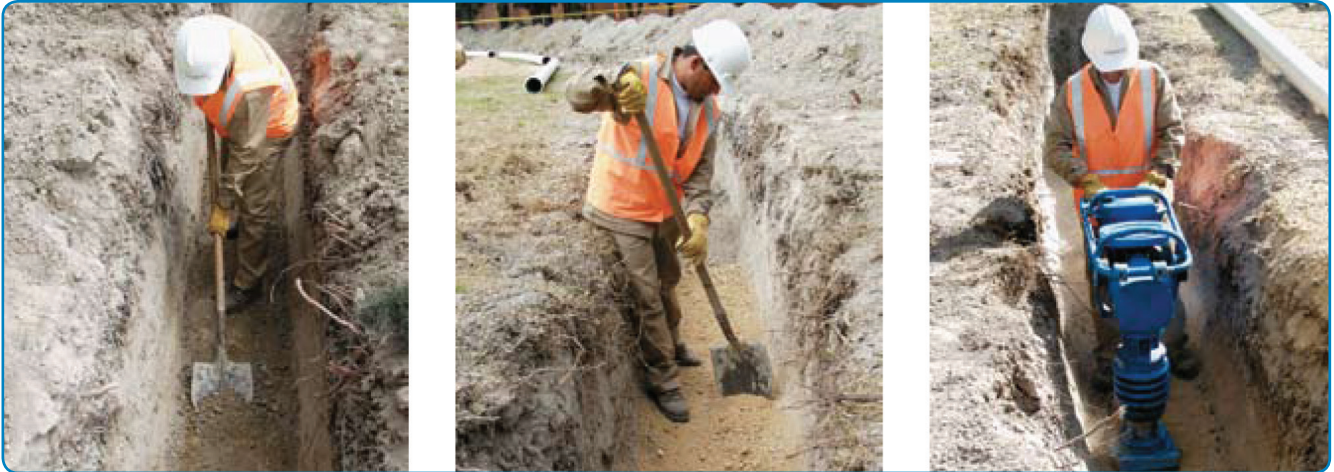
NOTA:

Cuando hay agua sobre el fondo de la zanja debe evacuarse para mantener la zanja seca hasta que la tubería sea instalada y rellenada al menos un diámetro sobre la clave de la tubería para evitar flotación.

✓ Relleno

El fondo de la zanja debe prepararse de tal forma que asegure un apoyo estable, firme y uniforme a todo lo largo de la tubería. Cuando el fondo es inestable, debe excavarse una profundidad adicional y rellenarse con material adecuado como base. Cuando hay presencia de rocas puntiagudas, estas deben ser removidas y proveer de un mínimo de 100mm de apoyo con material adecuado.

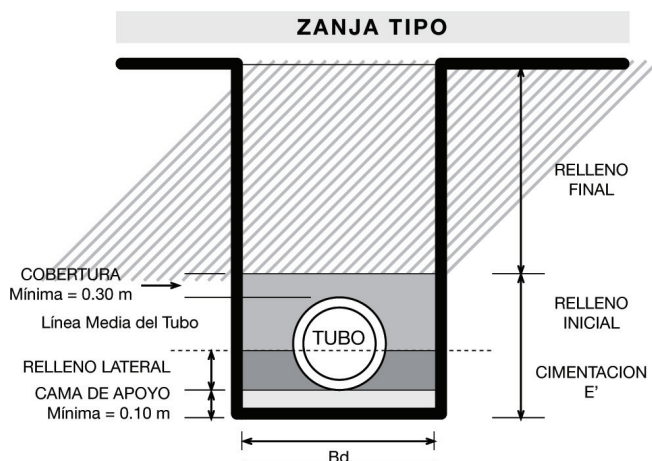
Nunca instale la tubería apoyada directamente sobre rocas o piedras grandes.



Los materiales adecuados para el encamado pueden ser triturado de roca (angular), Tamaño máximo de 3/4", canto rodado, tamaño máximo 1.1/2", arena lavada, arenilla o material proveniente de la excavación si es adecuado. Su selección dependerá de la disponibilidad local y de la presencia o no de nivel freático, caso en el cual debe usarse el primero.

Alrededor de la tubería y hasta 100mm sobre la corona del tubo debe usarse un material fino, libre de piedras, compactado adecuadamente, usando pisones de mano.

Después de cubrir al menos 300mm sobre la corona del tubo, puede usarse equipo de compactación mecánico.



✓ Instalaciones Especiales

Cuando la Tubería va a estar expuesta a la radiación solar, debe cubrirse con un techo opaco o protegerse con una pintura que cumpla con las siguientes características:

- No debe necesitar solvente o tener base en Thinner. Esta sustancia no se comporta bien con el PVC
- Debe tener un componente reflectivo, como el aluminio o similar
- Debe asegurarse la adherencia al PVC con la aplicación directa o a través de la aplicación de un "primer"

Antes de pintar la tubería debe prepararse la superficie para asegurar la adherencia; lijar suavemente en seco, limpiar con limpiador Amanco y aplicar pintura.

✓ Condiciones extremas para el material

- El PVC es un material termoplástico que puede ser fundido aplicando calor, de tal forma que nunca debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima a que puede transportar agua es de 60°C.
- No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.
- No someta la tubería a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a 3/4".
- Consulte con nosotros condiciones especiales no cubiertas por este manual en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual.



✓ Ensamble de la Tubería:

Preparación

Limpie cuidadosamente el interior de la campana así como la espiga, antes de unir.



Aplicando Lubricante

Lubrique de manera pareja la mitad de la longitud de la espiga. Mueva la espiga de tal forma que apenas penetre en la campana de la unión.



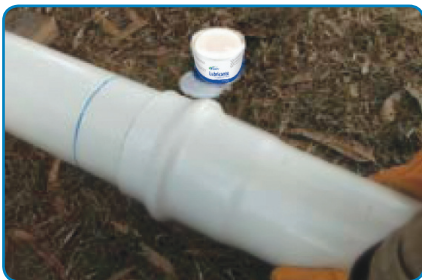
Alineado la Tubería

Asegúrese que las tuberías están perfectamente alineadas en ambos planos. Esto es muy importante. Nunca trate de introducir la espiga en ángulo.

Insertando la espiga en la Unión

Empuje la espiga hasta la marca de tope. Esto debe hacerse con un movimiento rápido siendo de gran ayuda el impulso que se gana entre la boca de entrada y el sello de hule.

Utilice una barra apoyándola sobre un trozo de madera colocado en el centro del tubo como indica la figura.



La Tubería PVC-O Amanco Biaxial® puede ser ensamblada en el borde de la zanja y luego instalada en el fondo como se muestra en las siguientes imágenes.



✓ Anclajes

Los anclajes con bloques de concreto que restrinjan el movimiento de los accesorios y/o de la tubería se hacen necesarios en todo sistema presurizado. (Ver Diseño de Anclajes en el índice general de este Manual). Estos bloques transmiten al terreno la carga producida por el empuje de la tubería o de los accesorios.

Es conveniente que la mayor parte de la pared externa de los accesorios quede envuelta en el concreto, pero no en su totalidad. Con las variaciones en la presión interna del sistema ocurren variaciones en el diámetro externo de la tubería o de los accesorios que no se debe restringir.

Es buena práctica colocar geosintético no tejido o polietileno grueso entre la Tubería o Accesorios PVC-O Amanco Biaxial® y el concreto del anclaje.

Mantenimiento

El mantenimiento preventivo debe ser el estipulado por la Empresa de Servicios Públicos que opera el sistema. Pueden usarse los equipos de inspección y limpieza usualmente dedicados a estas actividades.

Para mantenimiento correctivo, según sea el caso del daño específico, puede consultarse con Amanco en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual. La Tubería PVC-O Amanco Biaxial® puede ser ensamblada en el borde de la zanja y luego instalada en el fondo como se muestra en las imágenes.

Puesta en Servicio

Prueba Hidrostática

El propósito de esta prueba es verificar los materiales y la mano de obra.

El sistema en construcción debe probarse por tramos terminados, antes de completar todo el sistema. Debe tenerse en cuenta que el o los tramos a probar deben estar suficientemente anclados con materiales de relleno, los anclajes en accesorios suficientemente curados, 3 días al menos, y debidamente restringido el movimiento en los tapones de los extremos.



Llenado de la Tubería

La tubería debe llenarse lentamente desde el punto más bajo de la línea. Debe calcularse la cantidad de agua necesaria para llenar la línea.

Expulsión de Aire

Todo el aire debe ser expulsado de la línea durante la operación de llenado, antes de iniciar la prueba de presión. Se recomiendan instalar válvulas automáticas de expulsión de aire en los puntos altos del tramo a probar.

La presencia de aire en la línea durante la prueba puede causar presiones excesivas debido a su compresión por el agua causando fallas a la tubería o dar errores en la prueba.

Para saber si una tubería que se está probando tiene aire atrapado, puede hacerse lo siguiente:

1. Presurice con agua a la presión deseada
2. Permita que la presión se reduzca a un cierto nivel
3. Mida la cantidad de agua requerida para llegar de nuevo a la presión deseada
4. Repita los pasos 2 y 3

Si la cantidad de agua requerida para presurizar la línea la segunda vez es significativamente menor que la requerida en la primera vez, hay aire atrapado en la línea. Si no hay una diferencia significativa, hay probable fuga en la línea.

El procedimiento se indica con mayor detalle en la NOM-013-CNA 2000. El propósito de esta prueba es verificar que no hay fugas en la uniones, conexiones a Accesorios y otros elementos del tramo a probar. 1.5 veces la presión de trabajo del tramo puede ser la presión de prueba. Se mantiene esta presión por un periodo determinado de tiempo. El ajuste en volumen de agua necesario para mantener esa presión debe estar dentro de los valores permitidos.

Limpieza y Desinfección:

1. Inyectar agua al tramo de tubería a desinfectar, manteniendo destapada la salida. Dejar drenar para lavar la tubería.
2. Calcular el volumen de agua necesaria para llenar el tramo de tubería a desinfectar y determinar la cantidad de desinfectante a inyectar de tal forma que se garantice una concentración de 50mg/l de Cloro
3. Inyectar agua potable al tramo a desinfectar, permitiendo que salga por el extremo de salida por unos minutos. Inyectar el desinfectante, bien sea con Cloro líquido o Hipoclorito de Sodio que garantice una concentración de 50mg/l. Este puede diluirse previamente en el agua de llenado o inyectarse separadamente. Dejar salir unos minutos más y taponar la salida y entrada, cuando se garantice la concentración de 50mg/l
4. Dejar en reposo 24 horas, tiempo en el cual la concentración de Cloro debe estar, mínimo en 25mg/l. Si está por debajo de este valor, debe agregarse más desinfectante
5. Tomar una muestra de agua de la tubería en proceso de desinfección. Al analizarla en un laboratorio calificado para este fin, debe estar libre de microorganismos coliformes
6. Dejar pasar otras 24 horas y tomar otra muestra haciendo el mismo ensayo
7. Si los resultados son satisfactorios, debe evacuarse el agua de la desinfección y proceder a hacer la conexión definitiva.



Biaxial[®]
PVC Biorientado Dúctil



Biaxial[®]

PVC Biorientado Dúctil

ESTE MANUAL TECNICO HA SIDO REVISADO Y APROBADO
POR LA GERENCIA DE PRODUCTO DE **AMANCO**

Edición
SEPTIEMBRE DE 2010



Biaxial[®]

PVC Biorientado Dúctil

Amanco Mexico, S.A. de C.V

Corporativo: Río San Javier No.10, Fraccionamiento Viveros del Río

Tlalnepantla, Edo. de México, C.P. 54060

Tel.: 01(55) 5366 4000, Fax: 01 (55) 5366 4163, Lada sin costo: 01800 326 2620

www.amanco.com.mx

Departamento de ingeniería:

felipe.ibarra@mexichem.com



Más Tecnología en Tuberías y Conexiones