



**5 Sistema KRAH®
Tubería Estructurada**

5 Sistema KRAH® Tubería Estructurada

La línea de tuberías y accesorios KRAH® de pared estructurada está concebida especialmente para construir sistemas monolíticos completos para conducciones enterradas en zanja con escurrimiento de fluidos sin presión interna (o con presión interna baja).

En esta línea se optimiza el diseño de las paredes del tubo de manera de obtener un producto de alta resistencia estructural frente a las cargas externas - que deberá soportar una vez enterrado en la zanja - y que, a la vez, sea económico. Para esto, se busca aumentar el momento de inercia de las paredes del tubo a partir del diseño de una geometría especial de las mismas, dando lugar a lo que se conoce como "Pared Estructurada". Esta pared estructurada, entonces, ofrecerá una rigidez anular igual o superior a la de un tubo convencional de pared sólida, pero con espesores mucho menores, resultando en tuberías más livianas y, consecuentemente, más económicas. Entre las características más destacadas de



la línea KRAH® Tuberías Estructuradas puede mencionarse:

a) La gran flexibilidad de fabricación que ofrece el sistema, permitiendo el dimensionamiento y la producción de los tubos y accesorios a la medida de lo que necesita cada obra en particular.

b) El exclusivo sistema de unión por electrofusión integrada KRAH®, permitiendo al contratista un trabajo ágil y rápido con juntas 100% estancas, aun cuando las condiciones de instalación sean desfavorables.

c) Coextrusión interna de color claro (normalmente amarilla) lo que facilita enormemente la inspección visual al interior de la tubería.

d) Para aplicaciones de colectores de agua lluvia, se ofrece una alternativa de sistema de sellado en base a una junta con espiga campana y o´ring elastomérico.



5.1 Características

5.1.1 Material

Los tubos KRAH® Estructurado pueden fabricarse en cualquiera de los siguientes materiales:

- Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Polipropileno Random (PP-R)
- Polipropileno Homo (PP-H)
- Polipropileno No Inflamable (PP-S)

La producción normal se realiza con HDPE y refuerzos helicoidales en PP-R.

5.1.2 Ventajas

• Ductilidad y Alta Resistencia:

Debido a las características del HDPE o PP, los productos de la línea KRAH® Estructurado son capaces de absorber grandes deformaciones sin presentar fisuras ni comprometer su estabilidad estructural.

• Alta rigidez anular:

Lo que le permite resistir las cargas producto de una instalación normal enterrada en zanja (reellenos, tránsito, nivel freático y otras).

• Juntas Estancas:

Los sistemas de unión por fusión molecular, como los que ofrece la línea KRAH® Estructurado, son los únicos que garantizan la estanquidad de las juntas en cualquier situación (por ejemplo, importantes deformaciones o movimientos inesperados, así como sollicitaciones axiales).

• Excelente Capacidad Hidráulica:

La capacidad hidráulica de los tubos KRAH® Estructurado es óptima debido a la lisura del material y a que sus diámetros nominales siempre coinciden con los diámetros interiores.

• Resistencia a la abrasión:

Tanto el HDPE como el PP, con los que se fabrican los tubos KRAH® Estructurado, presentan la mayor resistencia del mercado a fenómenos abrasivos.

• Bajo Peso:

El bajo peso específico del material, sumado a la configuración de paredes estructuradas de la línea KRAH® Estructurado, resulta en tubos muy livianos.

• Facilidad de Manipulación e Instalación:

Debido al bajo peso de los productos de la línea KRAH® Estructurado, la manipulación y el proceso de instalación de los mismos resulta más ágil, rápido y sin necesidad de maquinaria pesada.

• Alta resistencia química:

Los materiales con los que se fabrican los tubos KRAH® de Pared Estructurada (HDPE y PP) son resistentes a la mayoría de los compuestos químicos que se presentan en conducciones, tales como soluciones ácidas, aguas cloacales, aguas salobres y otras químicamente agresivas sin que se comprometa la vida útil de la tubería.

• Resistencia al impacto:

La alta resistencia al impacto del material, que se conserva aún a muy bajas temperaturas, asegura tubos y accesorios robustos.

• Resistencia contra microorganismos, roedores y termitas:

Las superficies lisas de las tuberías KRAH® Estructurado no dan espacio a los dientes del roedor. Por otro lado, ni el HDPE ni el PP son medios nutrientes para bacterias, hongos o esporas, por lo que son resistentes a toda forma de ataque microbiano.

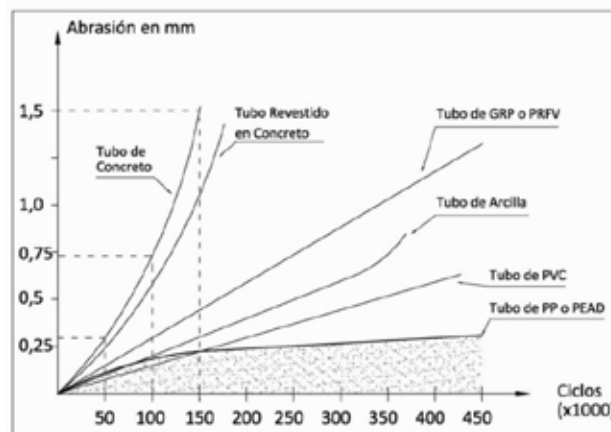


Figura 5.1-1: Curva de Abrasión para tuberías de varios tipos de material

5.2 Dimensiones

Los tubos de la Línea KRAH® Estructurado pueden fabricarse en longitudes útiles "L" de 1.0 a 6.0 mts y con diámetros nominales (internos) "Di" entre 300 y 4.000 mm.

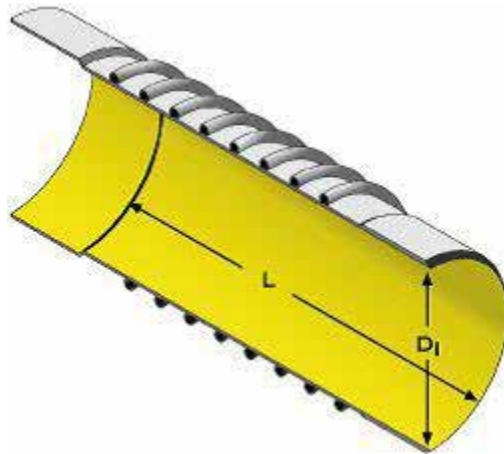


Figura 5.2-1: Longitud y Diámetro Nominal de tuberías KRAH® Estructurada

La dimensión usual para la entrega de la tubería es de 6,0 m útiles. También es posible, a pedido, el despacho de tiras de 12 o 18 mts., uniendo 2 o más tuberías de longitud estándar en planta mediante la técnica de electrofusión.

Una de las ventajas sobresalientes que presentan las tuberías de la línea KRAH® Estructurado es la gran variedad de perfiles de pared disponibles y la alta flexibilidad que presenta el sistema de fabricación, que a su vez permite la variación de cada una de las dimensiones geométricas

→

del perfil de pared, posibilitando tanto el dimensionamiento como la producción de la tubería a la medida de las condiciones particulares de cada obra, con la consiguiente optimización de costos.

Todos estos materiales son termoplásticos con excelentes propiedades para su aplicación en obras de agua potable y todo tipo de desagües, sobre todo por su alta resistencia química y la posibilidad que brindan de ejecutar uniones por fusión molecular (termofusión, electrofusión). Algunos perfiles posibles se muestran en la Figura 5.2-2.



Figura 5.2-2: Perfiles de tuberías KRAH® Estructurada

De todas formas, dado que la prestación del tubo no sólo depende de su rigidez anular, sino que el mismo también deberá ser capaz de soportar, entre otras cosas, las solicitaciones ejercidas durante la instalación y la de los equipos de

→

limpieza de conductos con presión de agua, en los productos de la línea KRAH® Estructurado se limita el dimensionamiento del espesor de liner a un mínimo según lo muestra la Tabla 5.2-4, pudiendo además adaptar el mismo para cumplir con los requerimientos de la más reciente norma europea EN 13476.

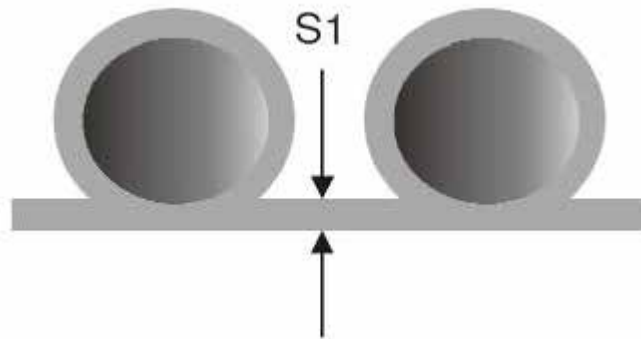


Figura 5.2-3: Liner de la tubería HDPE de espesor S1

Espesor Mínimo de Liner según EN13476		Espesor Mínimo de Liner TuberíaKRAH	
DN/ID	PE	DN/ID	PE
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
400	2,5	300	3,0
500	3,0	400 - 500	4,0
600	3,5	600 -1.200	5,0
800	4,5	≥ 1200	5,0
1000	5,0		
≥ 1200	5,0		

Tabla 5.2-4: Espesor mínimo de Liner según EN 13476 y Tubos KRAH®

5.2.1 Normas

• Normas de Fabricación:

Las normas utilizadas en la verificación, tanto de la materia prima como del producto correspondiente a la fabricación de la tubería KRAH® Estructurada se entregan en el siguiente cuadro:

ENSAYO	NORMA	NOMBRE
Materia Prima	DIN 8075	Polyethylene (PE) pipes; PEHD – General quality requirements, testing.
Dimensional	DIN 16961-1	Thermoplastics pipe and fittings with profiled outer and smooth inner surfaces. Part 1: Dimensions.
Requerimientos	DIN 16961-2	Thermoplastics pipe and fittings with profiled outer and smooth inner surfaces. Part 2: Technical delivery conditions.
Rigidez	DIN 16961-2	Thermoplastics pipe and fittings with profiled outer and smooth inner surfaces. Part 2: Technical delivery conditions.

Tabla 5.2-5: Normas usadas en la fabricación de Tubería KRAH® Estructurado

• Normas de Instalación:

Las normas aplicables a la instalación de las tuberías Estructuradas son las siguientes:

NORMA	NOMBRE
ASTM D 2321	Instalación subterránea de tuberías termoplásticas para alcantarillado y otras aplicaciones de flujo gravitacional.
DIN EN 1610	Construction and testing of drains and sewers.
DIN 4033	Sewer and sewage pipelines - Code of Practice for Construction.

Tabla 5.2-6: Normas usadas en la instalación de tuberías Estructuradas

5.3 Sistemas de Unión

5.3.1 Unión con Electrofusión

Las tuberías KRAH® Estructuradas se pueden unir mediante un sistema de electrofusión, el cual es un proceso que difiere de los procesos convencionales en que no necesita de piezas adicionales, como es el caso de la tubería estándar de HDPE que utiliza coplas.

En efecto, las tuberías y accesorios KRAH® Estructurado poseen acoples del tipo Espiga-Campana con una resistencia eléctrica incorporada, la cual se calienta a través del paso de corriente para realizar la fusión molecular.

En los párrafos siguientes se entregan los procedimientos para el acople adecuado de estas piezas.

Realización de las Fusiones

El proceso de electrofusión de las tuberías KRAH® Estructuradas, si es realizado en forma correcta, asegurará la estanqueidad de las juntas, aún frente a movimientos o deformaciones inesperadas de la conducción. Por lo tanto, se deberán atender a las siguientes especificaciones, que garantizarán la calidad de las juntas obtenidas.

a) Recomendaciones:

Antes de comenzar con el procedimiento, habrá que prestar especial atención a las siguientes recomendaciones:

- Existen diferentes tipos de máquinas de electrofusión para realizar el proceso. Algunas funcionan con energía trifásica (380 V) y otras lo pueden hacer a 220 V. Es importante consultar al proveedor de la máquina con anticipación, para prever todos los elementos que sean necesarios para su correcto funcionamiento en la obra. Para el suministro de energía, deberá preverse en la obra un generador con una capacidad mínima de 15 kVA por cada uno de los equipos de electrofusión en uso y deberá prestarse atención a que aquel suministre energía en forma constante.
- La sección a soldar deberá ser protegida de la suciedad, humedad y de la radiación solar directa. Cuando haya temperaturas bajo los +5 °C así tan bien como cuando hay lluvia, deberán realizarse acciones que aseguren que en esta sección las

→

temperaturas no podrán bajar más. Por ejemplo, se puede cubrir la unión, o precalentarla. Además, en estos casos se deberá extender el tiempo de soldado. En campo esto puede significar instalar una cubierta sobre la zona de trabajo. Como por ejemplo se puede considerar una carpa para independizarse de la situación climática.

- Las campanas y las espigas de las tuberías deberán inspeccionarse para verificar la presencia de posibles daños ocasionados en el transporte. En particular se deberá verificar la continuidad de la resistencia eléctrica existente.
- Las tuberías deberán estar posicionadas de forma tal que las conexiones para el soldado (bornes salientes de la resistencia inserta en la campana del tubo) sean fácilmente accesibles.
- No se debe electro fusionar si las superficies a unir están mojadas o con presencia de agua.
- No se debe aplicar calor a la tubería en forma de llama. De aplicarse puede destruir el material.

Lo correcto es aplicar aire caliente.



Foto 5.3-1: Manipulación Tubería Estructurada



Foto 5.3-2: Resistencia eléctrica incorporada en la Campana

b) Procedimiento:

Teniendo en cuenta las precauciones mencionadas anteriormente, podrá comenzarse el proceso de electrofusión, a realizar por un soldador experimentado, siguiendo los siguientes pasos:

- Se limpiará con un trapo seco (de algodón) las superficies externa de la espiga e interna de la campana. El objeto de esta operación es dejar completamente libre de agua, barro, polvo, grasas o aceites la zona de trabajo. Para la limpieza se usará alcohol isopropílico.
- Se medirá con una cinta métrica el ancho de la superficie a fusionar de la campana, desde el borde externo de la misma hasta el chanfle interno que posee a 45° (tope). Esta medida se transportará entonces a la superficie superior de la espiga, midiendo desde el borde de la misma en la dirección del eje de la tubería, a una distancia no menor a los 120 mm. Se marcará la medida en la espiga con un marcador resistente al agua, realizando varias marcas con una separación equidistante a 120°.
- Con el fin de facilitar el ensamble, y posibilitar una adecuada electrofusión de las juntas, para las tuberías de diámetro superior a los 800 mm, se colocará un aro rigidizador en el extremo interior de la espiga, a una distancia de su extremo de 30 mm. Éste se ajustará suavemente, de manera que no se desplace de su ubicación. Este aro es una pieza de acero cilindrada para coincidir con

el diámetro interno de la tubería y que posee un sistema de tornillo que facilita expandirlo de modo que quede perfectamente adherido a la pared del tubo antes de que este inicie el proceso de soldadura.

- Introducir la espiga en la campana, comprobando que las marcas mencionadas en el paso b) coincidan con el borde de la campana. Si las marcas coinciden significa que los extremos de las dos piezas a fusionar, hacen buen tope en los chanfles de sello. En este proceso, deberá prestarse especial atención a que no quede humedad entre la espiga y el enchufe. Para introducir la espiga en la campana, se podrán usar teclas manuales y bandas textiles o bien empujar la tubería desde sus extremos libres y siempre cuidando de no dañar los extremos de los tubos.
- Luego de su acople, las tuberías se alinearán axial y verticalmente.
- Siempre que sea posible, el fusionista deberá introducirse dentro del tubo y verificar que el rigidizador continúe en la posición correcta luego del ensamble. También verificará que los extremos de los tubos estén realmente haciendo contacto, verificando el espacio existente entre las superficies a fusionar, a lo largo de toda la circunferencia de contacto. Si existieran diferencias destacables, se corregirá modificando el registro del rigidizador, con lo que se aumentará el diámetro del mismo hasta conseguir eliminar esas diferencias o atenuarlas al máximo.



Foto 5.3-3: Electrofundición de tuberías KRAH®.
Vista Fleje interno/Aro rigidizador



Foto 5.3-4: Electrofundición de tuberías KRAH®.
Vista cadena externa.

- Una vez verificado el correcto ensamble, se colocará una cadena en el alojamiento que presentan los tubos en la parte externa de la campana. Luego, utilizando una garra que toma los extremos de la cadena, se procederá a tensionarla haciendo uso de un perno pasador en la garra. Se debe ajustar la cadena firmemente en la ranura que existe en el exterior de la campana, se debe cuidar el mantener alejada la cadena de los bornes de la resistencia eléctrica.

- A continuación se colocará un adaptador conectado a los bornes salientes de la resistencia eléctrica inserta en el tubo y a éste se conectarán los terminales del equipo de electrofundición. Los alambres de conexión deberán cortarse de manera tal que el adaptador casi toque el extremo de la campana. Aquí debe prestarse especial atención a que no se produzcan fuerzas de tracción ni fuerzas de compresión sobre los alambres de conexión (peligro de corto circuito).



Foto 5.3-5: Electrofundición de tuberías KRAH®. Vista bornes de conexión.

- Conectar el equipo de electrofusión a la fuente de energía (380 V o 220 V, según el equipo), que puede ser de línea o la salida de un grupo electrógeno.
- Se verificará que todo este correctamente ajustado y conectado a la parte eléctrica, y si así fuere, se procederá a encender el equipo de electrofusión.
- Se introducirán los parámetros para la fusión mediante la lectura de los códigos de barra correspondientes con el lápiz óptico que posee el equipo de electrofusión. Con esto, el equipo quedará programado para realizar la operación de fusión. En caso de no proceder la programación automática, podrá realizarse la misma manualmente. Una vez programando el equipo se presionará el botón de "Inicio" para dar comienzo al proceso de electrofusión. Antes de comenzar a fusionar, el equipo indicará en su display los minutos o segundos que llevará la operación. Cuando comienza a fusionar la pantalla indicará el tiempo que resta para finalizar la operación.

→



Foto 5.3-6: Equipo de Electrofusión.

- Transcurridas las 2/3 partes del tiempo total de fusión, se deberá ajustar suavemente el fleje externo, de manera de aumentar la presión sobre la campana en el último tercio del proceso. Este debe ser un ajuste menor. Se deberá también verificar que el rigidizador o fleje interno se encuentre en posición y de ser necesario se deberá proceder a un ajuste de tal modo que trabajando en conjunto con el fleje externo mantengan unidas la cara interior de la campana con la exterior de la espiga.
- Esperar a que la máquina indique que ha finalizado el tiempo de fusión, a partir del cual comienza el tiempo de enfriamiento, que será similar al tiempo de fusión. Aquí ya se puede desconectar el equipo de electrofusión, pero deberán mantenerse el fleje exterior y el rigidizador interior. Además, se deberá tener especial cuidado de no mover las piezas fusionadas durante el proceso de enfriamiento.
- Finalizado el tiempo de enfriamiento, se retirará el fleje de la campana y el fusionista se introducirá dentro del tubo para retirar el rigidizador y verificar la unión por dentro para comprobar visualmente la calidad de la unión.



Foto 5.3-7: Electrofusión de tuberías KRAH®. Vista Fleje externo y conexionado eléctrico.

- Deberá marcarse la unión con una lapicera resistente al agua, especificando número de junta, día, voltaje de soldado, hora y máquina utilizada. Además, todo el procedimiento de fusión es grabado automáticamente por el equipo de electrofusión y puede ser bajado a una PC o directamente impreso a efecto de tener la trazabilidad de las uniones efectuadas.
- Los aprietes de la cadena al inicio de la soldadura y a 2/3 del tiempo de soldadura se entregan en la tabla 5.3-1.

Dn	Torque [N x m]	
	Inicial	A 2/3 Tiempo Soldadura
300	50	65
400	55	70
500	60	70
600	63	65
700	65	85
800	80	90
900	85	95
1.000	90	105
1.200	95	120
1.400	105	126
1.600	120	144
1.800	130	156
2.000	140	168

Tabla 5.3-1: Apriete de cadena en el proceso de electrofusión

5.3.2 Unión con Aro de Goma

Las tuberías KRAH® Estructuradas se pueden unir alternativamente mediante un sistema de espiga campana con aro de goma. Este sistema permite una unión fácil y rápida que está disponible para tuberías de diámetros hasta 1.200 mm que no tienen presión interior en la operación normal y sin pruebas de estanqueidad de la línea.

5.4 Fitting

En base a la misma tubería de pared estructurada con extremos espiga campana resulta posible la fabricación de las piezas especiales descritas en las figuras 5.4-1 a la 5.4-6 u otras a pedido del cliente.

5.4.1 Codo Segmentado 90° (±5°)

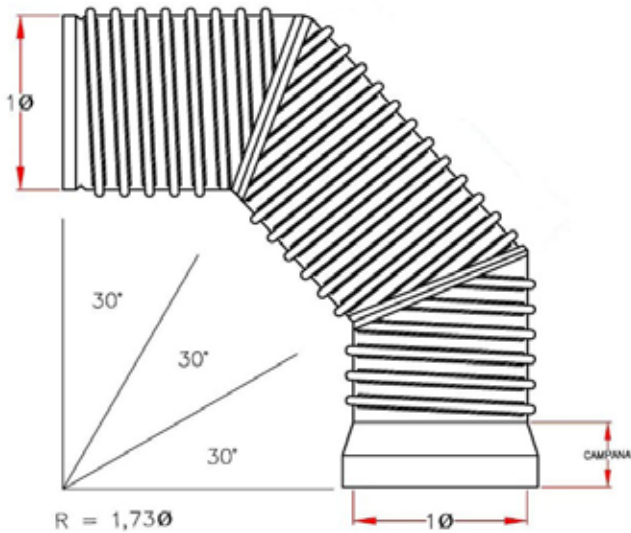


Figura 5.4-1: Codo Segmentado 90°

5.4.2 Codo Segmentado 45° (±5°)

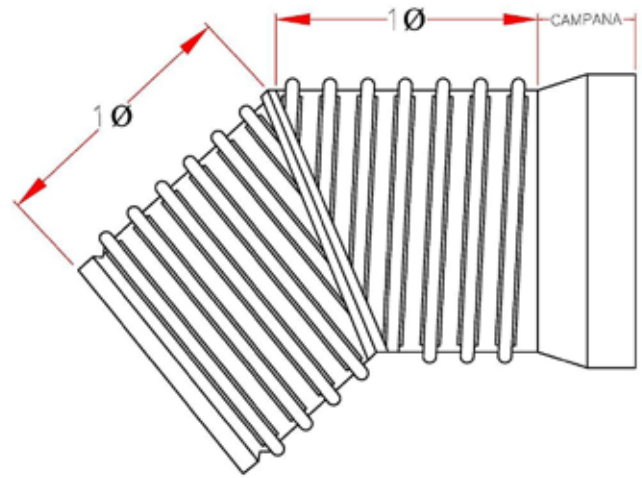


Figura 5.4-2: Codo Segmentado 45°

5.4.3 Tee 90°

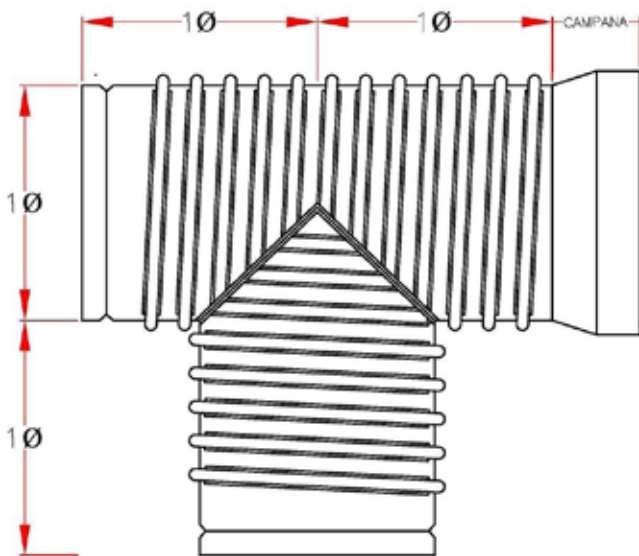


Figura 5.4-3: Tee 90°

5.4.4 Tee 45°

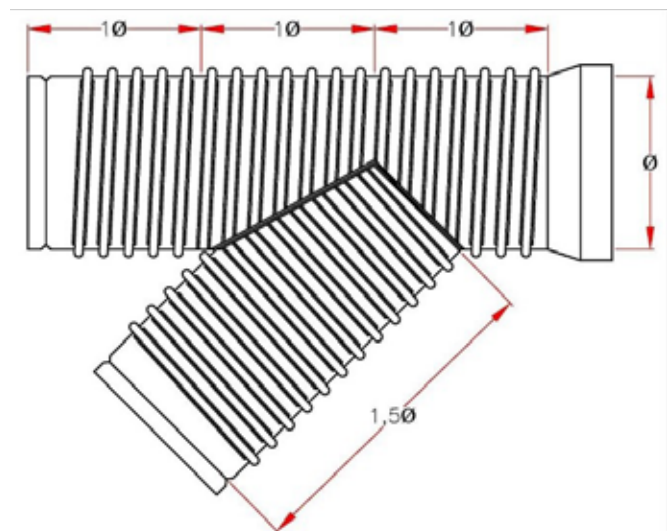


Figura 5.4-4: Tee 45°

5.4.5 Manguito Conector a Cámara de Hormigón-Campana

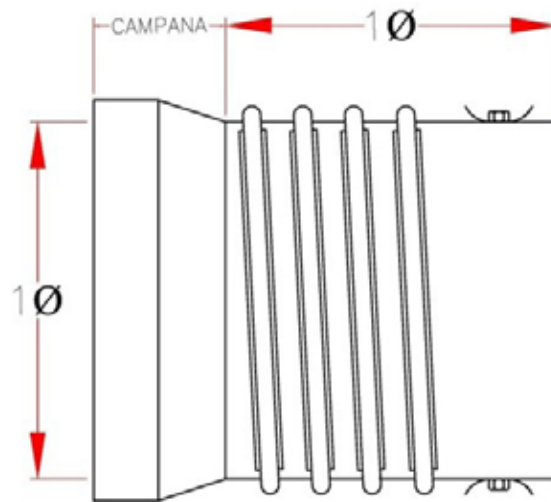


Figura 5.4-5: Manguito conector a Cámara Hormigón-Campana

5.4.6 Manguito Conector a Cámara de Hormigón-Espiga

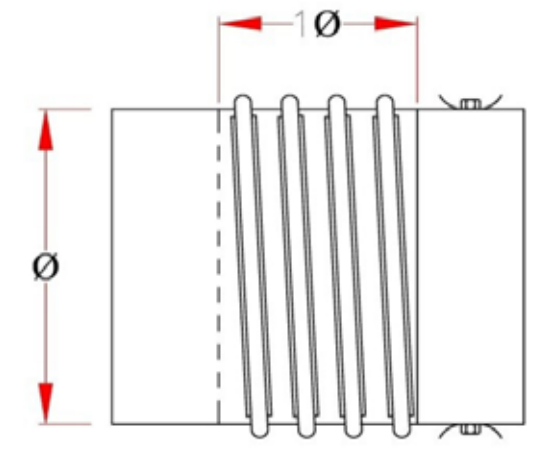


Figura 5.4-6: Manguito conector a Cámara Hormigón-Espiga

Utilizando la tubería KRAH® Estructurada se pueden fabricar una gran variedad de productos especiales como son Cámaras de Inspección o Drop Box para aplicaciones en distintos ámbitos como son instalaciones sanitarias o de procesos mineros, ajustando dimensiones según requerimientos del cliente. En la Foto 5.4-1 se muestra un ejemplo de esta aplicación.

Otra aplicación posible para la tubería KRAH® Estructurada son la fabricación de reactores para procesos como también plantas de tratamiento de Aguas Servidas tal como se muestra en la Foto 5.4-2



Foto 5.4-1: Cámara de Inspección o Drop Box KRAH®



Foto 5.4-2: Planta de tratamiento de Aguas Servidas KRAH®.

5.5 Instalación

La tubería KRAH® Estructurada se instala siguiendo los lineamientos entregados en DIN en 1610 y esto se detalla en el Anexo "Recomendaciones de Instalación para la Tubería HDPE KRAH®"

5.5.1 Colocación de los Tubos en la Zanja

La colocación de las tuberías debería empezarse desde la sección aguas abajo, con la campana apuntando hacia aguas arriba. Las tuberías podrán bajarse dentro la zanja de a una o en tramos de dos o tres tubos unidos por electrofusión. Esto podrá hacerse manualmente o con equipos, dependiendo del tamaño y peso de los tubos y de las condiciones de la zanja.

No deberá arrastrarse, arrojarse o hacer rodar los tubos dentro de la zanja. Tanto las tuberías como los accesorios deberán tratarse con cuidado, utilizando los equipos y las correas correctas. Estos productos no podrán ser arrojados y deberán ser inspeccionados una vez colocados en zanja, para verificar que no fueron dañados, antes de proceder a su acople.

→

Las tuberías deberán tenderse de acuerdo con la línea y el nivel especificados en el proyecto. Cualquier ajuste que deba hacerse al nivel deberá realizarse mediante la reducción o incremento del espesor de la cama de asiento, siempre asegurando que la tubería quede en contacto en toda su superficie con el material de relleno a lo largo de toda su longitud.



Foto 5.5-1: Izaje de tuberías acopladas

5.5.2 Instalación en Curva

La alta flexibilidad es una de las principales ventajas de las tuberías KRAH®. Estructurada. Antes de la instalación dentro de la zanja, las tuberías pueden ser soldadas juntas en una línea recta, para ser luego instaladas en curva.



Foto 5.5-2: Curva dada con una tubería

De ser requeridos radios de curvatura más pequeños, será necesario analizarlo con el proveedor en función de las características particulares de la tubería suministrada (el tema es función entre otros aspectos de la temperatura de instalación, el tiempo de instalación, diámetro, espesor de la pared).



El radio mínimo de la curvatura dependerá de las características particulares de cada tubería, como recomendación general se habla que a una temperatura de 20°C, $R_{\text{mín}} = (70 \pm 20) \times \text{DN}$ donde DN corresponde al Diámetro Nominal de la tubería.



Con el objetivo de poder realizar soldaduras por electrofusión adecuadas, los ejes longitudinales de las tuberías a unir no podrán desviarse unos de otros en la unión en un ángulo superior a 0,6°.

En caso de necesitar ángulos más altos, lo que significa un radio de curvatura menor, deberán utilizarse las curvas y los accesorios correspondientes.

5.6 Pruebas de Presión

En terreno esta tubería puede ser probada mediante dos procedimientos distintos a saber:

5.6.1 Prueba Hidrostática

Esta prueba se realiza colocando tapones en los extremos de un tramo a probar, luego llenando con agua el tramo. La prueba se realiza siguiendo los lineamientos entregados por DIN 4033 que señala lo siguiente en la Tabla 5.6-1:

DN	Agua a agregar L/m2 de la cara interior mojada	Presión de prueba (bar)	Tiempo de precarga (hora)
Para todo valor	0,02	0,5	1

Tabla 5.6-1: Prueba Hidrostática según norma DIN 4033

Básicamente lo que se hace es rellenar la tubería y dar a esta una presión de 5 m.c.a. y para mantener la presión solo es necesario rellenar el tubo con 0,02 L/m2 en el lapso de 1 hora.

Como ejemplo se tiene:

$$\left. \begin{array}{l} \varnothing 500 \text{ mm} \\ L_{\text{TRAMO}} \end{array} \right\} V_{\text{AGUA}} = 0,02 \cdot (100 \cdot 0,5 \cdot \pi^2) = 3,14 \text{ l}$$

La prueba se entiende como cumplida si fue necesario rellenar un volumen igual o menor que el calculado.

5.6.2 Prueba por Junta

Cuando los diámetros sean lo suficientemente grandes que permita el ingreso de personal en los tubos es posible realizar una prueba junta por junta con el dispositivo mostrado en la foto 5.6-1.

La máquina permite aislar el sector de la junta mediante empaques neumáticos. En un canal central se inyecta agua a presión y se repite el procedimiento de la sección 5.6-1.

→



Foto 5.6-1: Dispositivo prueba junta por junta