



**CATÁLOGO DE PRODUCTOS
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA
CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE Y RIEGO**

TIGRE

Tigre Bolivia

La marca TIGRE se ha posicionado como el TOP of Mind en el mercado Boliviano, con productos desarrollados por ingenieros bolivianos y fabricados en las plantas de El Alto y Santa Cruz, siendo la empresa líder de tubos, conexiones y cables, y un referente en el mercado por el desarrollo de nuevos sistemas, y la calidad reconocida de sus productos. Hoy TIGRE se consolida como el productor de tubos y conexiones más grande Latinoamérica y uno de los más importantes del mundo. Los productos de Tigre Bolivia son sinónimo de calidad y durabilidad, destacándose en el mercado boliviano por brindar tranquilidad a sus usuarios y clientes.



ÍNDICE

Introducción	04
Función	05
Usos y Aplicaciones	05
Ventajas	05
Normas de referencia	07
Propiedades del PEAD	07
Evolución del Polietileno	08
Resistencia a los productos químicos	09
Especificaciones dimensionales y de peso de acuerdo a norma ISO 4427	12
Consideraciones de diseño para tuberías de PEAD	14
Flujos con Presión. Cálculo de Pérdidas de carga por Fricción	14
Evaluación de Pérdidas de Carga Singulares	15
Golpe de Ariete	17
Flujos sin presión	19
Pruebas hidráulicas de campo	20
Consideraciones para la instalación de la tubería PEAD	22
Recomendaciones para el almacenamiento	23
Sistemas de unión para tuberías de PEAD	24
Unión mecánica con juntas de compresión	24
Unión por temperatura con Electrofusión	25
Unión por Termofusión	26
Certificaciones	28

Introducción

TIGRE presenta su línea de tubos de Polietileno de Alta Densidad PEAD, (HDPE por sus siglas en inglés), ofreciendo a los usuarios la oportunidad de emplear ventajosamente las características de este material.

Los tubos de PEAD de TIGRE ofrecen alternativas de solución a problemas tradicionales, minimizando costos de mantenimiento e instalación en una gran gama de aplicaciones, en las cuales las condiciones de operación están comprendidas en el rango de presiones y temperaturas para las cuales está diseñado el material.



Función

Esta tubería es utilizada para el transporte de agua a 20°C en sistemas enterrados de aducción y distribución de agua. También es utilizada para transporte de líquidos en instalaciones industriales y mineras. Es posible también su utilización en sistemas expuestos con tuberías de color negro.

Usos y aplicaciones

Las tuberías de PEAD pueden ser utilizadas en los siguientes tipos de instalaciones:

- > Sistemas de aducción y redes de distribución de agua potable.
- > Conducción de residuos industriales y químicos.
- > Conducción de relaves y riego de pilas de lixiviación (Planta mineras).
- > Transporte de gas y petróleo.
- > Riego tecnificado.
- > Protección de cables eléctricos y telefónicos.
- > Sistemas de Alcantarillado (para estos sistemas es importante tomar en cuenta la rigidez anular de la tubería y las cargas externas aplicadas).

Ventajas

Atoxicidad

El uso de Tubos de HDPE ha sido probado en el transporte de agua potable por todas las normativas internacionales. Dicho material responde a todas las prescripciones higiénicas relacionadas a los acueductos como también a las normativas relacionadas a los materiales que vienen en contacto con alimentos; todo está favorecido por la completa ausencia de sabor y olor del material mismo.

Resistencia a la abrasión

Mientras que en condiciones normales de uso los tubos de acero han logrado resultados aceptables en el campo industrial, los tubos de plástico han sustituido ventajosamente a los tubos de acero que estaban expuestos a una fuerte erosión. Pruebas comparativas han demostrado que existe una marcada diferencia de erosión.

Propiedades eléctricas

El Polietileno es un óptimo aislante por su estructura no polar, característica notable utilizada en diferentes aplicaciones. Además, la elevada resistividad del volumen superficial hace que el material no sufra en lo mínimo por las corrientes parásitas.

Resistencia a los sismos

Se ha podido establecer, después de analizar los efectos de terremotos ocurridos en varias partes del mundo, que el tubo de PEAD, aprovechando su mayor propiedad de elasticidad en comparación de los materiales tradicionales como fierro fundido, acero, fibra resina, etc., resulta menos vulnerable para la distribución de: agua potable, gaseoductos, alcantarillados civiles e industriales, en zonas clasificadas como sísmicas.

Desempeño hidráulico

Debido a su bajo coeficiente de rugosidad, el PEAD es un excelente material para el transporte de líquidos con una baja pérdida de carga en tramos largos.

Estanqueidad

Debido a sus características, que permiten realizar una unión por fusión, la tubería de polietileno representa uno de los sistemas más estancos que existen.

Temperaturas de trabajo

El rango de temperaturas de trabajo recomendado para el polietileno es de -40°C hasta 60°C. Es un material muy resistente a las bajas temperaturas lo que lo hace muy versátil.

Además se puede destacar

- > Bajo peso y facilidad de manipulación
- > Rapidez de instalación
- > Menor número de uniones
- > Eliminación de pintura o recubrimientos de cualquier tipo para protección contra corrosión
- > Costos generales inferiores a los sistemas tradicionales
- > Mayor durabilidad
- > Óptima soldabilidad
- > Elevada resistencia al impacto
- > Elevada resistencia al stress-cracking
- > Bajo efecto de incrustación
- > Elevada vida útil

Normas de referencia

La tubería de PEAD es producida bajo la norma ISO 4427 la cual es también compatible con la norma DIN 8074. Tanto la materia prima como la tubería producida están sujetas a todos los ensayos requeridos por esta norma, con lo cual TIGRE garantiza que el producto cumpla con todas las especificaciones y requisitos de calidad exigidos, además de garantizar una larga vida útil.

Tigre también cuenta con la certificación ISO 9001, garantizando la calidad en todos sus procesos, desde el recibimiento de sus materias primas hasta la entrega adecuada de sus productos terminados.

Propiedades del Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

La materia prima utilizada para la producción de tuberías de PEAD es 100% virgen y cumple con la clasificación de MRS tal y como lo exige la norma ISO 4427 y que representa el comportamiento del material a largo plazo. Es importante entender los siguientes conceptos:

> Mínima Resistencia Requerida (MRS por sus siglas en ingles).

El MRS es determinado mediante la realización de un análisis de regresión de acuerdo al ensayo establecido en la norma ISO 9080 que entrega datos de acuerdo a las pruebas de presión a largo plazo. Dicho análisis permite predecir la resistencia mínima para una vida útil específica. Los datos son extrapolados para predecir la resistencia mínima a 20°C y a la vida útil de diseño de 50 años.

> Tensión de Diseño (σ_s).

Corresponde a la tensión Tangencial Admisible que se obtiene de dividir la mínima resistencia requerida por un factor de seguridad C, denominado coeficiente de diseño, y que de acuerdo con la normativa de diseño ISO para el caso de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) adopta un valor de $C = 1,25$.

MRS (MPa)	Designación Material	Tensión de Diseño (σ_s)
8,0	PE 80	6,3
10,0	PE 100	8,0

> Relación Dimensional Estándar (SDR).

Es la relación del diámetro nominal exterior y el espesor nominal de pared.

$$SDR = \frac{D_n}{e}$$

➤ Presión Nominal (PN).

Para tubería plástica para transporte de agua corresponde a la máxima presión continua de operación expresado en bares con agua a 20°C durante los 50 años de vida útil de diseño.

➤ Presión de Operación Máxima (POM).

Es la presión máxima efectiva del líquido transportado expresado en bares para uso continuo. Se determina por la siguiente ecuación:

$$POM = \frac{20 (MRS)}{C \times ((SDR) - 1)}$$

Evolución del Polietileno

En los años 50's se empieza a utilizar el tubo de Polietileno para transporte de aguas residuales y riego a baja presión siendo este polietileno clasificado como PE 32/40. Posteriormente se desarrolló el PE 50/63 el cual ya era utilizado en la fabricación de tubería para transporte de líquidos a presión. En los últimos años la tecnología del Polietileno ha logrado mejorar las propiedades mecánicas llegando a desarrollar los polietilenos PE 80 y PE 100 (clasificación de acuerdo al MRS), siendo este último el más utilizado para el transporte de agua potable y líquidos a presión, gracias a sus excelentes propiedades de resistencia a la presión.

La resina de polietileno utilizada en TIGRE para la fabricación de tubería es totalmente compatible con las resinas utilizadas para la fabricación de las conexiones.

Las principales características técnicas de las resinas utilizadas por TIGRE en la fabricación de tuberías y conexiones de Polietileno de Alta Densidad son las que se muestran a continuación:

Propiedad	Método de Ensayo	Unidad	PE 80	PE 100
Densidad	ISO 1183	gr/cm ³	0,945 - 0,956	0,950 - 0,965
Resistencia a la tracción	ISO 527-2	MPa	20 – 23	22 - 25
Módulo de Tensión (fluencia)	ISO 527-2	MPa	>600	>800
Tensión de diseño (σ)	ISO 9080	MPa	6,3	8
Mínimo esfuerzo requerido (MRS)	ISO 9080	MPa	>8	>10
Alargamiento de rotura	ISO 527-2	%	>550	>550
Coeficiente de dilatación lineal	ASTM D696	mm/m°C	0,17 - 0,2	0,2
Temperatura de fragilidad	ASTM D746	oC	< -70	< -70
Dureza Shore a 20°C	ISO 868	escala D	>55	>60

Resistencia a los productos químicos

La resistencia del Polietileno de Alta Densidad a las sustancias químicas ha sido evaluada en diferentes trabajos obteniéndose un excelente resultado. La resistencia ha sido evaluada en función del comportamiento de una probeta de HDPE sumergida en el fluido en mención a 20°C y 60°C. La evaluación final está esquematizada de la siguiente manera según la tabla siguiente:

Leyenda	Evaluación	Hinchamiento	Pérdida de Carga	Alargamiento de la Rotura
S	SATISFACTORIO	< 3%	< 0.5%	INVARIABLE
L	LIMITADO	3 – 8 %	0.5 – 5 %	DISMINUCIÓN<50%
NS	NO SATISFACTORIO	> 8%	> 5%	DISMINUCIÓN>50%

Sustancia Química	HDPE	
	20°C	60°C
ACETATO DE AMILO	S	S
ACETATO DE BUTILO	S	L
ACETONA	S	S
ÁCIDOS AROMÁTICOS	S	S
ÁCIDOS GRASOS	S	L
ÁCIDO CARBÓNICO	S	S
ÁCIDO CÍTRICO	S	S
ÁCIDO CLORHÍDRICO	S	S
ÁCIDO CRÓMICO	S	NS
ÁCIDO FÓRMICO	S	S
ÁCIDO GLICÓLICO	S	S
ÁCIDO LÁCTICO	S	S
ÁCIDO MALEICO	S	S
ÁCIDO MONOCLORACÉTICO	S	S
ÁCIDO NÍTRICO (25%)	S	S
ÁCIDO NÍTRICO (50-70%)	L	NS
ÁCIDO OXÁLICO	S	S
ÁCIDO SÍLICO	S	S
ÁCIDO SULFHÍDRICO	S	S
ÁCIDO SULFÚRICO 50%	S	S
ÁCIDO SULFÚRICO 93%	S	S
ÁCIDO SULFOCRÓMICO	NS	NS
ÁCIDO SULFUROSO	S	S
ÁCIDO ESTEÁRICO	S	L

Sustancia Química	HDPE	
	20°C	60°C
ÁCIDO TARTÁRICO	S	S
ÁCIDO TRICOLORACÉTICO 50%	S	S
ÁCIDO TRICOLORACÉTICO 100%	S	NS
AGUA DE MAR	S	S
AGUA OXIGENADA 30%	S	S
AGUA OXIGENADA 100%	S	NS
AGUA REGIA	NS	NS
ALCANFOR	S	L
ALCOHOL ALÍLICO	S	S
ALCOHOL BENCÍLICO	S	S
ALCOHOL BUTÍLICO	S	S
ALCOHOL ETÍLICO	S	S
ALCOHOL ISOPROPÍLICO	S	S
ALDHEIDO ACÉTICO	S	L
ALUMNRE	S	S
AMONIACO	S	S
ANHÍDRIDO ACÉTICO	S	L
ANHÍDRIDO SULFÚRICO	L	L
ANHÍDRIDO SULFUROSO	S	S
BENCENO	L	L
BENZALDEHÍDO	S	S
BENZOATO DE SODIO	S	S
BROMO	NS	NS

Sustancia Química	HDPE	
	20°C	60°C
CARBONATO DE SODIO	S	S
CETONA	S	S
CICLOHEXANO	S	S
CLOROFORMO	NS	NS
CLORO (LÍQUIDO Y GASEOSO)	NS	NS
CLORURO DE ALUMINIO	S	S
CLORURO DE AMONIO	S	S
CLORURO DE CALCIO	S	S
CLORURO DE MAGNESIO	S	S
DETERGENTE	S	S
DICLOROETANO	L	L
DICLOROETILENO	NS	NS
ÉTER ALIFÁTICO	S	L
ÉTER	L	L
ÉTER DIETÍLICO	L	L
ÉTER DE PETRÓLEO	S	L
FENOL	S	S
FLÚOR	NS	NS
FORMALDEHÍDO 40%	S	S
FOSFATOS	S	S
GLICERINA	S	S
GLICOL	S	S
HIPOCLORITO DE CALCIO	S	S
HIPOCLORITO DE SODIO	S	S

Sustancia Química	HDPE	
	20°C	60°C
JARABES	S	S
LEJÍA	S	NS
LEVADURA	S	S
MERCURIO	S	S
METANOL	S	S
NAFTALINA	S	L
NITRATO DE PLATA	S	S
NITRATO DE SODIO	S	S
OZONO	L	NS
PETRÓLEO	S	L
SAL DE COBRE	S	S
SILICATO DE SODIO	S	S
TETRACLORURO DE CARBONO	NS	NS
VASELINA	L	L

Especificaciones Dimensionales, Peso y Embalaje

Tubería Pead Pe 100.

Dimensiones y longitud de embalaje

Presión Nominal	PN 4		PN 5		PN 6		PN 8	
SDR	SDR 41		SDR 33		SDR 26		SDR 21	
Diámetro Nominal [mm]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]
20	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	2.0	100
50	-	-	-	-	2.0	100	2.4	100
63	-	-	-	-	2.5	12	3.0	100
75	-	-	-	-	2.9	12	3.6	50
90	-	-	-	-	3.5	12	4.3	50
110	-	-	-	-	4.2	12	5.3	50
125	-	-	-	-	4.8	12	6.0	12
140	-	-	-	-	5.4	12	6.7	12
160	-	-	-	-	6.2	12	7.7	12
180	-	-	-	-	6.9	12	8.6	12
200	-	-	-	-	7.7	12	9.6	12
225	-	-	-	-	8.6	12	10.8	12
250	-	-	-	-	9.6	12	11.9	12
280	-	-	-	-	10.7	12	13.4	12
315	7.7	12	9.7	12	12.1	12	15.0	12
355	8.7	12	10.9	12	13.6	12	16.9	12
400	9.8	12	12.3	12	15.3	12	19.1	12
450	11	12	13.8	12	17.2	12	21.5	12
500	12.3	12	15.3	12	19.1	12	23.9	12
560	13.7	12	17.2	12	21.4	12	26.7	12
630	15.4	12	19.3	12	24.1	12	30.0	12
710	17.4	12	21.8	12	27.2	12	33.9	12
800	19.6	12	24.5	12	30.6	12	38.1	12
900	22	12	27.6	12	34.4	12	42.9	12
1000	24.5	12	30.6	12	38.2	12	47.7	12
1200	29.4	12	36.7	12	45.9	12	57.2	12

 Rollos de 200 m

 Rollos de 100 m

PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20		PN 25	
SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4	
e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]	e min [mm]	Long. Embalaje [m]
-	-	-	-	2.0	200	2.3	200	3.0	200
-	-	2.0	100	2.3	100	3.0	100	3.5	100
2.0	100	2.4	100	3.0	100	3.6	100	4.4	100
2.4	100	3.0	100	3.7	100	4.5	100	5.5	100
3.0	100	3.7	100	4.6	100	5.6	100	6.9	100
3.8	100	4.7	100	5.8	100	7.1	12	8.6	12
4.5	50	5.6	50	6.8	50	8.4	12	10.3	12
5.4	50	6.7	50	8.2	50	10.1	12	12.3	12
6.6	50	8.1	50	10.0	50	12.3	12	15.1	12
7.4	12	9.2	12	11.4	12	14.0	12	17.1	12
8.3	12	10.3	12	12.7	12	15.7	12	19.2	12
9.5	12	11.8	12	14.6	12	17.9	12	21.9	12
10.7	12	13.3	12	16.4	12	20.1	12	24.6	12
11.9	12	14.7	12	18.2	12	22.4	12	27.4	12
13.4	12	16.6	12	20.5	12	25.2	12	30.8	12
14.8	12	18.4	12	22.7	12	27.9	12	34.2	12
16.6	12	20.6	12	25.4	12	31.3	12	38.3	12
18.7	12	23.2	12	28.6	12	35.2	12	43.1	12
21.2	12	26.1	12	32.3	12	39.7	12	48.5	12
23.7	12	29.4	12	36.3	12	44.7	12	54.7	12
26.7	12	33.1	12	40.9	12	50.3	12	61.5	12
29.7	12	36.8	12	45.4	12	55.8	12	-	-
33.2	12	41.2	12	50.8	12	62.5	12	-	-
37.4	12	46.3	12	57.2	12	70.3	12	-	-
42.1	12	52.2	12	64.5	12	79.3	12	-	-
47.4	12	58.8	12	72.6	12	89.3	12	-	-
53.3	12	66.2	12	81.7	12	-	-	-	-
59.3	12	72.5	12	90.2	12	-	-	-	-
67.9	12	88.2	12	-	-	-	-	-	-

 Rollos de 50 m

 Barras de 12 m

Consideraciones de diseño para tuberías de PEAD

Un flujo a través de tuberías se puede catalogar bajo presión o como un sistema de escurrimiento en superficie libre (sin presión). En ambos casos, las tuberías de polietileno de alta densidad presentan considerables ventajas respecto a los materiales tradicionales debido a que poseen una superficie lisa que les proporciona un excelente desempeño hidráulico y flexibilidad. Todo esto, sumado a su alta resistencia a la corrosión y al bajo efecto de incrustación que poseen, se traduce en algunos casos en menores diámetros de diseño.

Flujos con presión.

Cálculo de las pérdidas de carga por fricción.

El análisis y la investigación en sistemas de flujo hidráulico para tuberías sometidas a presión ha establecido que el cálculo de pérdidas de presión debidas a fricción puede ser realizado conservadoramente con la ecuación de Hazen-Williams, la cual se detalla en forma resumida de la siguiente manera:

$$J = 10,667 * \left(\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}} \right)$$

Donde:

J = Pérdida de presión por fricción (m/m)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro interno del tubo (m)

C = Coeficiente de flujo

Según investigaciones realizadas se ha establecido que el valor del coeficiente de flujo (C) para el PVC tiene un valor entre 155 y 165, dependiendo si el tubo de PVC es nuevo o usado. Sin embargo, para efectos de cálculo se utiliza un valor conservador de C = 150

El uso de la ecuación de Hazen-Williams tiene que estar limitado a ciertas características del fluido y del flujo. Estos límites son los siguientes:

- El fluido debe ser agua a temperatura normal.
- El diámetro de la tubería debe ser superior o igual a 50 mm.
- La velocidad en las tuberías no debe exceder los 3 m/s.

Para obtener la pérdida de presión total en la instalación se debe tomar en cuenta la longitud de la misma con la siguiente ecuación:

$$H = L * J$$

Donde:

H = Pérdida de carga total (m)

L = Longitud de tramo de la tubería (m)

Nota.-Para un cálculo más preciso de las pérdidas de carga se debe utilizar la ecuación de Darcy – Weisbach, la cual está en función del número de Reynolds que determina si el flujo es laminar o turbulento. Para cualquier consulta acerca de este cálculo comunicarse con el departamento de Asistencia Técnica.

Evaluación de Pérdidas de Carga Singulares

La ecuación para el cálculo de pérdidas de carga singulares causadas por los accesorios en una tubería es de la siguiente forma:

$$h_m = k_m * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_m : pérdida de carga debida a la singularidad (m)

k_m : coeficiente de pérdida de carga del accesorio

v : velocidad media del flujo en la tubería (m/s)

g : aceleración de gravedad (m2/s)

De acuerdo a esto, la pérdida de carga total del sistema estará dada por la siguiente expresión:

$$H_T = H + \sum h_m$$

Donde:

H_T : pérdida de carga total del sistema (m)

H : pérdida de carga del tramo de tubería (m)

$\sum h_m$: Sumatoria de las pérdidas singulares en cada accesorio (m)



La siguiente tabla muestra un resumen de coeficientes de pérdidas de carga para accesorios de uso frecuente en sistemas de tuberías.

Coeficientes para pérdidas en accesorios

Accesorio	K_m
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de registro, completamente abierta	2,5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0,2
Válvula de compuerta, con $\frac{3}{4}$ de apertura	1,0 - 1,15
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{2}$ apertura	5,6
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{4}$ de apertura	24
Codo de radio corto ($r/d = \pm 1$)	0,9
Codo de radio mediano	0,75 - 0,8
Codo de gran radio ($r/d = \pm 1,5$)	0,6
Codo de 45°	0,4 - 0,42
Retorno (curva en U)	2,2
Tee en sentido recto	0,3
Tee a través de la salida vertical	1,8
Unión	0,3
Vee de 45° en sentido recto	0,3
Vee de 45° en salida lateral	0,8
Entrada recta a tope	0,5
Entrada con boca acampanada	0,1
Entrada con tubo reentrando	0,9
Salida	1

Golpe de Ariete

Normalmente los sistemas hidráulicos en presión presentan características de régimen permanente, es decir, que la velocidad, presión y sección de escurrimiento, aunque pudiendo variar de un punto a otro, no varían en el tiempo. Sin embargo, existen situaciones debidas a violentas perturbaciones introducidas en el sistema, en las cuales la velocidad y presión pueden variar de manera significativa. Este fenómeno se denomina golpe de ariete.

La necesidad de evaluar este fenómeno va ligada de manera inherente, al hecho de que los cambios de régimen, más o menos bruscos que se producen, generan niveles de presiones muy superiores a los correspondientes a los regímenes permanentes y, en consecuencia, las conducciones deben estar preparadas para poderlos soportar.

El golpe de ariete es un término que se utiliza para describir el choque producido por una súbita disminución de la velocidad de un fluido en un sistema hidráulico. Si un líquido al pasar por una canaleta fuera interrumpido bruscamente, el nivel del mismo subirá rápidamente desbordando por todos lados. Si tal fenómeno ocurriera dentro de un tubo, el líquido al no tener por donde salir provoca una onda de presión que puede afectar a las paredes de la tubería.

Dentro de las causas más comunes que dan origen a la aparición de este fenómeno, podemos destacar:

- Apertura o cierre brusco de válvulas.
- Partida o detención de sistemas de bombeo.

Es importante poder realizar el cálculo de esta sobrepresión para dimensionar la tubería de conducción evitando la rotura de la misma, para esto es importante tomar en cuenta el tiempo de parada del flujo de agua el cual se calcula con la ecuación de Mendiluce:

$$T = C + \frac{k \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Donde:

T = Tiempo de parada del flujo (s)

L = Longitud de conducción (m)

v = Velocidad de régimen de agua (m/s)

g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

H_m = Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C = Coeficiente en función de la pendiente hidráulica

k = Coeficiente en función de la longitud de conducción

Los valores de C y k son coeficientes de ajuste empíricos los cuales han sido obtenidos de manera experimental por Mendiluce.

Coeficiente k según la longitud de instalación		Coeficiente C según la pendiente hidráulica	
L (m)	k	i	C
< 500	2	< 20 %	1
= 500	1,75	~ 25%	0,8
500 < L < 1500	1,5	~ 30%	0,6
= 1500	1,25	~ 40%	0,4
> 1500	1	> 50 %	0

El tiempo de parada debe ser comparado con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa la cual es calculada con la ecuación siguiente:

$$t = \frac{2 \cdot L}{a}$$

t = Periodo de la frecuencia de propagación de la onda de presión (s)

El valor de (a) conocido como celeridad, representa la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería. Su valor depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua. Su valor se obtiene con la ecuación propuesta por Allievi.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \cdot \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

D_i = Diámetro interno de la tubería (mm)

e = Espesor de pared de la tubería (mm)

K = Módulo de elasticidad del material de la tubería, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{\epsilon}$$

ε = Módulo de elasticidad del material de la tubería (valores referenciales en la tabla):

Valores de Módulo de Elasticidad de Material	
MATERIAL	ε (kg/cm²)
Fundición	1,7E+10
Acero	2,1E+10
Hormigón	3,0E+10
PVC-U	3,0E+08
PEAD	1,0E+08

Finalmente se calcula la Longitud Crítica con la ecuación:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2}$$

Comparando la longitud de conducción y la longitud crítica se determina la ecuación a utilizar para el cálculo de la sobrepresión.

Si $L < L_c \rightarrow$ Se trata de una Impulsión Corta y: $T < \frac{2 \cdot L}{a}$

el cierre es **Lento** y se utiliza la ecuación de **Michaud**:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \text{ (mca)}$$

Si $L > L_c \rightarrow$ Se trata de una Impulsión **Larga** y: $T > \frac{2 \cdot L}{a}$

el cierre es **Rápido** y se utiliza la ecuación de **Allievi**:

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g} \text{ (mca)}$$

Esta sobrepresión debe sumarse a la presión manométrica para el diseño de la tubería.

En instalaciones con pendiente mayores a 50% se deberá utilizar directamente la ecuación de Allievi.

Flujos sin Presión

Para el diseño de tuberías con flujos sin presión (acueductos), se utiliza la fórmula de Manning, la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot R_h^{2/3} \frac{\sqrt{i}}{\eta} \quad R_h = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

A = Área de escurrimiento (m^2)

R_h = Radio Hidráulico (m)

i = Pendiente (m/m)

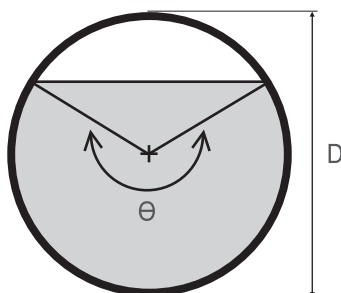
η = Coeficiente de Manning (PEAD, PVC, PP = 0.009)

P = Perímetro mojado

Cuando se tiene escurrimiento a sección llena; $R_h = \frac{D}{4}$

D = Diámetro Interno (m)

En casos de escurrimiento a sección parcial, se deben utilizar las siguientes ecuaciones.



$$A = 1/8 \cdot (\Theta - \sin\Theta) \cdot D^2$$

$$P = 1/2 \cdot \Theta \cdot D$$

$$R_h = \frac{A}{P} = 1/4 \cdot \left(1 - \frac{\sin\Theta}{\Theta}\right) \cdot D$$

Pruebas hidráulicas de campo

Para la realización de las pruebas hidráulicas en campo “para instalaciones realizadas con tubería de Polietileno de Alta Densidad”, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones

- Pt: Es la presión de trabajo del sistema, y corresponde a la presión hidrostática a la cual la tubería estará sometida durante su vida útil. También se conoce como presión de diseño o presión de servicio.
- Pn: Es la presión nominal para la cual fueron fabricadas las tuberías o los accesorios de un sistema.
- Pp: Es la presión de prueba con la cual se va a probar un tramo.

El objetivo de realizar un ensayo de presión en campo es el de verificar la instalación de la tubería y que no existan filtraciones en las uniones, de ninguna manera es verificar la resistencia de la tubería la cual ya está verificada a través de ensayos en laboratorio de fábrica.

El control de calidad que supone la realización de la prueba de presión debe realizarse una vez que se cumplan las siguientes condiciones:

- La tubería haya sido instalada y no haya sido puesta en servicio.
- Todos los anclajes deben haber sido instalados tanto en cambios de dirección, derivaciones como en finales de línea. En el caso de anclajes de hormigón los mismos deben haber sido instalados por lo menos siete días antes de la realización de la prueba.
- Deben estar instaladas las válvulas de purga de aire (en los puntos altos y finales de línea), válvulas de sobrepresión y los accesorios requeridos en el sistema.
- La prueba debe iniciarse una vez que todo el aire atrapado haya sido liberado. Para esto el sistema debe ser llenado con agua desde el punto más bajo.
- El agua debe estar a una temperatura no inferior a 5°C ni mayor a 30°C. Para temperaturas fuera de este rango consultar con Asistencia Técnica Tigre.
- Las pruebas se deben realizar en tramos no mayores a 500m a no ser que exista algún impedimento o necesidad justificada ante la supervisión de realizar en tramos mayores (los tramos a evaluarse deberán ser acordados entre contratista y supervisión).
- Se debe contar con la bomba capaz de elevar la presión en la tubería, cercana al valor de la presión de prueba manómetros, cronómetro y los elementos de conexión entre la bomba y la tubería.
- Se instalará 1 manómetro para lecturas de la prueba en la elevación más baja, si se instalase en otro punto se deben realizar las correcciones matemáticas de la diferencia de cabeza hidrostática.

Una vez que se cumplan las condiciones para la realización de la prueba hidrostática se procede al llenado de la tubería. Se debe verificar la ausencia de aire dentro de la tubería lo cual se evidencia por la salida de agua por las purgas y el cierre automático de las ventosas.

Presión de Prueba (Pp). La Presión de prueba (Pp) máxima no debe exceder de 1,5 veces la presión de trabajo (Pt) del sistema. Accesorios y dispositivos con una presión nominal menor a la prueba de presión, no deberán estar presentes o deberán aislarse de la sección de prueba.

Tiempo de la prueba. Cuando la presión máxima de prueba se encuentre entre la presión de trabajo (Pt) y 1,5 veces la presión de trabajo o en 1,5 veces la presión de trabajo (Pt), el tiempo total de la prueba incluyendo el tiempo requerido para llenar el sistema, presurizar, estabilizar, mantener la presión de prueba (Pp) y despresurizar no debe exceder las 8 horas. En general se recomienda que una vez estabilizado el sistema al valor de la presión de prueba (Pp), el tiempo con la tubería presurizada a ese valor no deberá exceder las cuatro horas.

La despresurización del sistema debe realizarse en forma paulatina a una velocidad controlada. La despresurización repentina puede causar golpe de ariete.

Si fuese necesario repetir la prueba, es necesario esperar mínimo 8 horas desde que el sistema ha sido despresurizado, para volver a realizarla.

Por ningún motivo se debe intentar reparar cualquier falla encontrada, con el sistema presurizado.

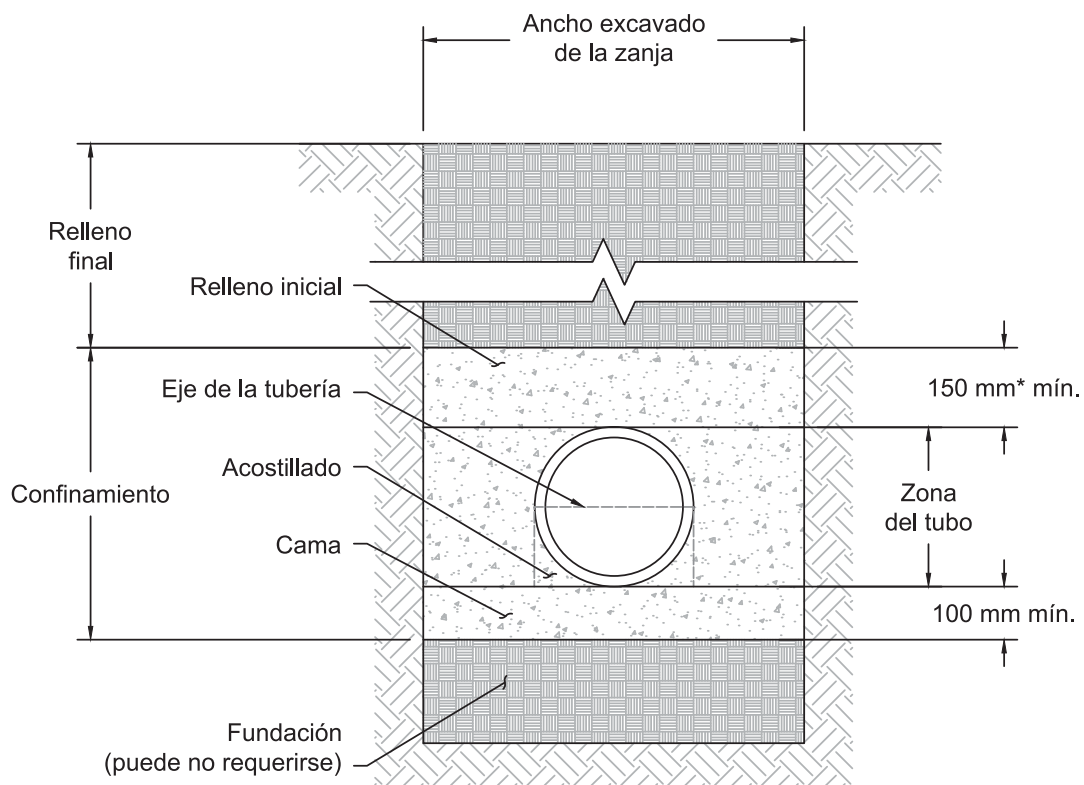
(basado en ASTM F2164)

Consideraciones para la instalación de la tubería PEAD

Instalación de tubería enterrada

Dadas las características de la tubería Tigre PEAD, es muy importante tener en cuenta la base (encamado) y el material de relleno sean los adecuados, además de los procesos de compactación.

1. La base de la instalación debe ser lo suficientemente estable y el fondo de la zanja donde se apoyará la tubería deberá ser plano y libre de elementos cortantes. Para esto se debe preparar un encamado de arena fina o material seleccionado, de tal manera que la tubería no entre en contacto con elementos cortantes o puntiagudos que puedan dañarlo.
2. Cuando la base de la zanja presenta arcilla saturada, fango o lodo, sin condiciones mecánicas mínimas para el asentamiento del tubo, se debe disponer una base de cascajo (gravilla) bien asentada. Encima de la base de cascajo se debe colocar una cama de 15 cm de arena fina o material seleccionado igual al punto 1.
3. Una vez realizado el encamado, se extiende la tubería y se coloca el material de relleno lateral o acostillado. Este material puede ser el que se extrajo de la zanja, pero al igual que en el punto 1, el mismo debe ser seleccionado (cernido) evitando los elementos grandes o cortantes que puedan dañar el tubo. Este relleno debe estar compactado cada 10 cm en los laterales de la tubería hasta cubrir la corona y por lo menos 15 cm más. La compactación debe realizarse de forma manual.
4. El resto de la zanja puede ser rellenado con material de la excavación y compactado cada 20 a 25 cm, utilizando saltarín. Se recomienda realizar la compactación de la zanja con tubo lleno y a presión, dejando las uniones libres para las pruebas hidráulicas.



Recomendaciones para el almacenamiento



Para mantener el producto en buenas condiciones y libre de daños se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- Cuando la tubería es almacenada longitudinalmente los soportes laterales no deben tener bordes cortantes.
- La superficie de apoyo en toda la tubería debe estar libre de elementos punzantes o cortantes como son; fierros con bordes fillos, clavos, piedras con ángulos cortantes, etc., que puedan rasgar la superficie de esta.
- Evitar arrastrar la tubería sobre el piso.

En el caso de tener la tubería en rollos evitar que estos sean lanzados desde el transporte hacia el piso. Además, se debe tener cuidado especial al momento de soltar los elementos de sujeción del rollo, la tubería podría desenrollar de golpe y dañar al personal.

- Para tuberías de alto diámetro y espesores bajos es recomendable colocar listones de madera en las puntas de la tubería, con el fin de mantener la redondez de esta para el proceso de unión por termofusión o electrofusión.

Sistemas de unión para tubería de PEAD

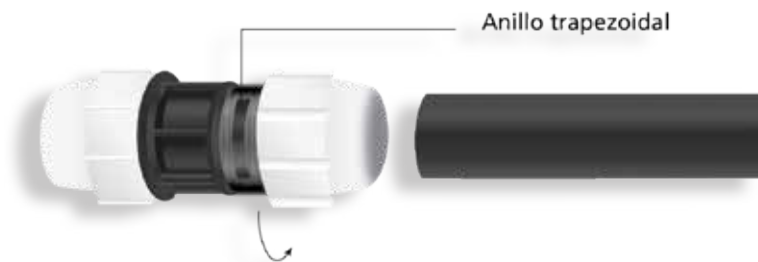
Para la tubería de PEAD existen dos formas de unión.

- > Unión mecánica (Juntas de compresión)
- > Unión por temperatura
 - > Electrofusión.
 - > Termofusión.

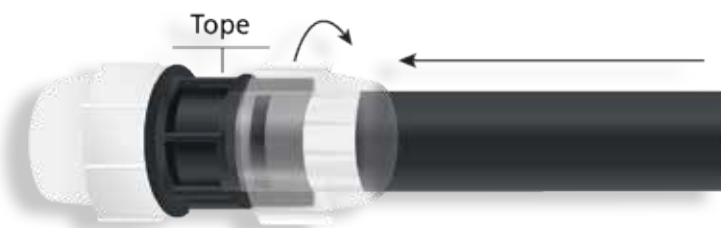
Unión Mecánica con Juntas de Compresión

Como su nombre lo indica es una unión mecánica en la que se requiere de un accesorio especial, el cual está compuesto por un casquillo cónico, que presenta en la superficie que estará en contacto con la tubería unas estrías que sujetan a la tubería para evitar un desplazamiento axial. Además presentan anillas de goma que funcionan como sellos para evitar filtraciones. Esta unión se la realiza de la siguiente manera:

Paso 1. Mida la profundidad de la campana de conexión desde el borde hasta el tope interior de la conexión. Marque esta medida en la tubería para asegurar la longitud de inserción. Desajuste la rosca de la extremidad sin necesidad de soltarla completamente.



Paso 2. Introduzca el tubo con un movimiento circular dentro del accesorio pasando el casquillo cónico de apriete y el sello de goma llegando hasta el tope interno. Verifique con la marca en el tubo.



Paso 3. Gire la rosca de la extremidad en dirección del cuerpo del accesorio, gire la rosca con fuerza aunque no sea necesario llegar hasta el tope.



Unión por temperatura con Electrofusión

Esta unión es ejecutada utilizando un accesorio especial que contiene resistencias eléctricas incorporadas internamente las cuales son calentadas a través de un equipo de electrofusión controlado eléctricamente. Este equipo proporciona corriente eléctrica a través de las resistencias eléctricas las cuales se calientan y forman una fundición entre tubo y accesorio, formando así una de las uniones más seguras existentes. El procedimiento para realizar esta unión es el siguiente:



Paso 1. Limpie muy bien y seque el extremo de la tubería.



Paso 2. Marque primeramente la longitud del tubo a introducirse en el accesorio, luego marque el área del tubo que se va a raspar trazando líneas visibles y perpendiculares al raspado.



Paso 3. Raspe en forma manual o con el raspador mecánico un espesor de aproximadamente 0.3 mm de la superficie exterior. No tocar con las manos la superficie ya raspada.



Paso 4. Realice los pasos anteriores para el tubo opuesto, retire el accesorio del embalaje e introduzca el tubo hasta las marcas realizadas. La zona que se va a soldar debe permanecer estable e inmóvil, para esto es posible utilizar el alineador.



Paso 5. Conecte los electrodos de la electrofusora al accesorio verificando los colores de los terminales, realice la soldadura activando la soldadora. Deje enfriar el tiempo indicado en la etiqueta antes de quitar el alineador.

Nota. Para mayor detalle de la operación de soldadura, se recomienda consultar el manual de conexiones por electrofusión.

Unión por Termofusión

Este tipo de unión no requiere de un accesorio extra, se realiza por calentamiento en los extremos de dos tuberías y la unión con una fuerza axial, llegándose a obtener una soldadura a tope. Este tipo de unión se utiliza para diámetros grandes.



Los equipos comúnmente utilizados por termofusión están constituidos por tres elementos: unidad de fuerza (compuesta de una unidad hidráulica y un alineador), refrentador y placa calentadora.



Paso 1. A partir de la tabla entregada por el fabricante, verifique la presión de soldadura requerida y súmela a la presión inicial para desplazamiento (inercia de la máquina más el peso propio del tubo a ser desplazado).



Paso 2. Verificar el perfecto alineamiento de los tubos.



Paso 3. Use el refrentador para rectificar las superficies a ser unidas.



Paso 4. Limpiar la superficie con la solución a base de alcohol y a partir de ese instante evite tocar la región a ser soldada.



Paso 5. Cuando la temperatura de la placa calentadora llegue al valor recomendado por el fabricante, posicónela manteniendo la presión de soldadura hasta la formación de un cordón inicial entre la placa y el tubo (la tabla suministrada de la máquina indicará la dimensión del cordón).



Paso 6. Retire la placa calentadora y aproxime los tubos. El cordón de soldadura aumentará de dimensión. Aguarde el enfriamiento recomendado por el fabricante del equipo.



Paso 7. Solamente después de logrado el enfriamiento requerido, puede mover el equipo para una próxima soldadura.

En caso de requerir este tipo de unión, se solicita hacer la consulta al ejecutivo de ventas o Asistencia Técnica, para poner en contacto con la empresa que presta este servicio.

Límite de Garantía

Los tubos y conexiones de Tigre están garantizados por un periodo de 10 años en explotación, garantizando sus productos contra defectos de fábrica.

La garantía queda sin efecto si los productos de TIGRE son utilizados incumpliendo las recomendaciones de diseño, manipulación, almacenamiento o instalación, de igual forma la garantía cesará si los productos han sufrido alguna alteración o daño durante su transporte y manipuleo.

La responsabilidad de TIGRE y la garantía de los productos están limitadas al reemplazo o devolución de las piezas defectuosas y bajo ninguna circunstancia cubre el retiro o instalación de productos o daños colaterales.



BOLIVIA

Oficina y Planta Santa Cruz: Parque Industrial Ramón D. Gutiérrez PI-22
Teléfono: (+591) 7703-1428

Oficina La Paz: Av. Arce N° 201, esq. Cordero.
Planta El Alto: Av. Juan Pablo II Km 15, Río Seco
Teléfono La Paz y El Alto: (+591) 7703 6008.

Tigre S.A. se reserva el derecho a modificar sin previo aviso las características técnicas, pesos y dimensiones presentado en este catálogo, respetando los valores previstos en las normas citadas. TIGRE S.A. no se responsabiliza por daños personales o materiales que ocurriesen por el uso inadecuado y/o negligente de las informaciones contenidas en éste catálogo. Para mayor información comuníquese con el Departamento de Asistencia Técnica.



**GRACIAS POR CONFIAR EN
EL GRUPO TIGRE.**





