



Tubería de Polietileno Para Distribución y Transmisión de Agua



Boletín: PP 501

Distribución de Agua Municipal
Distribución de Agua Industrial
Agua Natural y Potable
Transmisión de Agua
Tubería de Incendio de Agua Potable

Tubería de Polietileno de Alta Densidad Para Distribución y Transmisión de Agua Distribución de Agua Municipal Distribución de Agua Industrial Agua Natural y Potable Transmisión de Agua Tubería de Incendio de Agua Potable

Performance Pipe

PERFORMANCE PIPE es el sucesor funcional de las operaciones de Plexco¹ y Driscopipe². El 1 de Julio del 2000, las compañías químicas Chevron y Phillips se unieron para formar la compañía Chevron Phillips Chemical Company LP. Performance Pipe, una división de Chevron Phillips Chemical Company LP, sucedió a Plexco y Driscopipe como el mayor productor de América del Norte de productos de tubería de polietileno para aplicaciones de gas, industriales, municipales, minería, petroquímica y utilitarias.

Performance Pipe ofrece más de cuarenta años de experiencia en tubería de polietileno, nueve instalaciones industriales con Certificación ISO en ocho estados, y una instalación industrial en México.

Performance Pipe fabrica productos de tubería de polietileno DriscoPlex® en tamaños de 1/2" a 54" de diámetro externo de tubo y tubería controlada y accesorios moldeables.

Para realzar la destacada calidad y rendimiento de la tubería de polietileno Performance Pipe, Chevron Phillips Chemical Company LP además fortalece Performance Pipe con más de cuatro décadas de producción de resina de plástico poliolefina de calidad.

DRISCOPLEX® Tubería para Distribución y Transmisión de Agua

El tubo de presión de polietileno es usado mundialmente para sistemas de distribución y transmisión de agua como el material preferido de la construcción. DriscoPlex® DE-controlado, tubo de polietileno de alta densidad y accesorios han sido desarrollados específicamente para distribución y transmisión de agua. DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100, componentes de tubería de alta densidad, están hechos de presión valorada PE 3408, peso molecular extra alto, material de polietileno de alta densidad para proporcionar un balance óptimo de rendimiento y propiedades para satisfacer las demandas rigurosas de los sistemas de distribución y transmisión de agua municipales e industriales actuales.

¹ Anteriormente – Plexco, una División de Chevron Chemical Company

² Anteriormente – Phillips Driscopipe, una División de Phillips Petroleum Company

NOTA: Esta publicación es con fines informativos y solo para uso como guía de referencia. No debe ser usada en sustitución del asesoramiento de un ingeniero profesional. Esta publicación no contiene ni confiere ninguna garantía de cualquier clase. Performance Pipe ha hecho todo el esfuerzo razonable hacia la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero tal vez no podrá proporcionar toda la información necesaria, particularmente con respecto a aplicaciones especiales o inusuales. Esta publicación podría ser cambiada de vez en cuando sin previo aviso. Contacte a Performance Pipe para asegurarse de que tenga la edición más actualizada.

Porque la Tubería de Polietileno es Preferida para Distribución de Agua

DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 PE 3408, productos de tubería para distribución de agua, tienen características de rendimiento sobresalientes para distribución de agua municipal e industrial.

- Alta resistencia y dureza para resistir presión interna por períodos prolongados y cargas externas.
- Resistencia a largo plazo para duración y rendimiento prolongados
- Elasticidad para intensificar resistencia a oleada y martilleo del agua recurrente e intermitente.
- Flexible, duro, ligero y resistente al impacto para un menor costo de instalación, zanjas más angostas (reducir excavación)
- Se requieren menos accesorios – La tubería de PE Flexible puede ser doblada en frío en el campo para seguir los contornos y easements, reduciendo la necesidad de accesorios.
- La tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 PE 3408 es el material de preferencia para perforación direccional horizontal, arado, cruces de ríos y cuerpos de agua, rotura de tubo, revestimiento deslizante y otras tecnologías de instalación sin zanjas.
- Resistencia química para resistir químicos corrosivos (pH de 1 a 14) y suelos agresivos.



- No se oxida, pudre, corroe, no forma tubérculos ni apoya crecimiento biológico.
- Resistente a degradación ultravioleta y térmica.
- Puede ser conectado usando fusión por calor, electro fusión, sillas de fusión por calor, conexiones mecánicas, collarines, adaptadores de junta mecánicos y servicio mecánico y tapping saddles³.
- Las juntas de fusión por calor herméticas a fugas están completamente restringidas y tan fuertes como el mismo tubo.
- Mantiene flexibilidad aún en temperaturas por debajo del congelamiento – el agua se puede congelar en la tubería sin dañarla⁴.
- Mantiene baja resistencia a flujos líquidos para reducción de costos de bombeo y operación.

³ Performance Pipe recomendó procedimientos de fusión por calor disponibles a requerimiento. Dispositivos de electro fusión deberán ser instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se deben de instalar abrazaderas en el DI del final del tubo o accesorio de terminación plana en salida cuando se usan conexiones de compresión DE. Instale dispositivos de unión mecánica de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Restricción adicional puede ser requerida para dispositivos de unión mecánicos que no proporcionan suficiente resistencia de arranque.

⁴ El agua puede estar congelada en el tubo sin dañarlo, pero un tapón de hielo en el tubo detendrá el flujo. *No aplique presión a una línea congelada que tiene un tapón de hielo.* Permita que el tapón de hielo se descongele antes de aplicar presión a la línea. El martilleo de agua severo (tal como un tapón de hielo deteniéndose repentinamente en una obstrucción) en una tubería congelada, sobre la superficie o arriba del grado puede hacer pedazos la tubería y los fragmentos que salen volando pueden causar muerte, lesión o daño a la propiedad.

- Colores estándar para identificación del servicio de agua:
- La tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 se le puede hacer una conexión con equipo de conexión estándar y tapping saddles mecánicas para tubo de polietileno de alta densidad.
- Seguro – sin aditivos o compuestos extraíbles que pudieran comprometer la calidad del agua – Certificación NSF disponible.
- La tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 es fabricada de acuerdo a las normas AWWA C906 y ASTM F 714 (Tamaños > 4”).

Tabla 1 DRISCOPLEX® Identificación por Color

Series	IPS/DIPS	Identificación de Color Estándar	También Disponible
Tubo DriscoPlex® 4000	DIPS	3 pares de rayas azules espaciadas igualmente	Revestimiento Azul
Tubo DriscoPlex® 4100	IPS	Negro	4 rayas azules espaciadas igualmente o revestimiento azul
Tubo DriscoPlex® 1500	IPS	4 rayas rojas espaciadas igualmente (No aprobadas por NSF)	4 rayas azules espaciadas igualmente (Aprobadas por NSF)
Tubo DriscoPlex® 1600	DIPS	3 pares de rayas rojas espaciadas igualmente (No aprobadas por NSF)	3 pares de rayas azules espaciadas igualmente (Aprobadas por NSF)

Los tamaños de los tubos de presión DriscoPlex® 4000 4" DIPS hasta 48" DIPS son compatibles en su DE con el tubo de hierro dúctil. Los tamaños de los tubos de presión DriscoPlex® 4100 3" IPS hasta 54" IPS son compatibles con el tubo de acero. Los componentes de la tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 son producidos en cuatro Clases de Presión estándar - 80 psi, 100 psi, 130 psi y hasta 160 psi – para agua a 73°F (23°C). Clases de Presión adicionales por debajo de 80 psi y hasta 255 psi están disponibles dependiendo del tamaño del tubo. La Certificación NSF de conformidad con el Estándar 61 NSF está disponible para aplicaciones de agua potable. Los productos de tubería DriscoPlex® Series agua se resumen en la siguiente página.



⁵ Tubo de 3” fabricado para AWWA C901 y ASTM F714; tubo < 3” fabricado para AWWA C901 y ASTM D3035

Tabla 2 DRISCOPLEX® Productos de Tubería para Aplicaciones Municipales e Industriales

Mercados Típicos para Tubos y Accesorios	Series DRISCOPLEX®	Características Típicas	Denominaciones Previas	
			Anteriormente Producto Plexco	Anteriormente Producto Driscopipe
Distribución de Agua	Tubo DRISCOPLEX® 4000	5, 6	BLUESTRIPE™ (DIPS)	4000 BLUESHELL (DIPS)
	Tubo DRISCOPLEX® 4100	1, 2, 8	BLUESTRIPE™ (IPS)	4100 BLUESHELL (IPS)
Tubería Servicio Agua	Tubo DRISCOPLEX® 5100	7	BLUESTRIPE™	5100 ULTRA-LINE®
Fire Main Subterráneo Aprobado FMR & NSF	Tubo DRISCOPLEX® 1500	3	BLUESTRIPE™ FM	--
	Tubo DRISCOPLEX® 1600	4	---	--

AVISO. Las capacidades pueden variar de una planta productora a otra. Haga contacto con Performance Pipe para determinar la disponibilidad de productos específicos y por la disponibilidad de colores determinados de rayas o revestimientos, patrones de rayado, y tamaño IPS o DIPS.

Leyenda para Características Típicas:

- Sistema para clasificar tamaño de IPS. Rayas color azul o revestimiento color azul disponible bajo pedido especial. El patrón longitudinal de rayas de color es cuatro rayas de un solo color espaciadas igualmente estiradas en el DE del tubo.
- 3" IPS – 28" IPS DR 11, 13.5, 17, 21; 30" IPS – 36" IPS DR 13.5, 17, 21; 42" IPS DR 17, 21; 48" IPS – 54" IPS DR 21
- Aprobado por FMR & NSF. IPS de 2" hasta 24" Clase 150 o Clase 200. Estándar de rayas color azul. El patrón longitudinal de rayas de color IPS es cuatro rayas de un solo color espaciadas igualmente estiradas en el DE del tubo.
- Aprobado por FMR & NSF. DIPS de 4" hasta 24" Clase 150 o Clase 200. Estándar de rayas color azul. El patrón longitudinal de rayas de color DIPS es tres pares espaciados igualmente de rayas de color estiradas en el DE del tubo.
- Sistema para clasificar tamaño de DIPS. Estándar de rayas color azul. El patrón longitudinal de rayas de color es tres pares, igualmente espaciados, de rayas de color estiradas en el DE del tubo.
- DIPS hasta 30" DIPS DR 11, 13.5, 17, 21; 36" DIPS hasta 40" DIPS DR 13.5, 17, 21; 48" DIPS DR 17, 21. Todos los tamaños hechos a ASTM F 714, AWWA C906 y NSF 61.
- Aprobado por NSF. CTS, IPS y SIDR en tamaños 1/2" – 2". Sin rayas de color.
- IPS de 2" y 3" hechos para ASTM 3035, AWWA C901 y NSF 61. IPS de 4" y tamaños mayores hechos para ASTM F714, AWWAC906 y NSF 61.

Este boletín hace referencia principalmente a productos de tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100. Para información sobre productos de tubería DriscoPlex® 5100, ver Boletín PP503. Para información sobre productos de tubería aprobados DriscoPlex® 1500 y DriscoPlex® 1600 FM, ver boletín PP504.

Tabla 3 DRISCOPLEX® 4000 – Sistema para clasificar tamaño de Tubo DIPS

Tamaño		DR 21 (80 psi PC †)		DR 17 (100 psi PC)		DR 13.5 (130 psi PC)		DR 11 (160 psi PC)	
Tamaño de Tubo DIPS	DE, pulg.	Pared Mínima, pulg.	Peso†, lb/pie	Pared Mínima, pulg.	Peso, lb/pie	Pared Mínima, pulg.	Peso, lb/pie	Pared Mínima, pulg.	Peso, lb/pie
4*	4.80	0.229	1.44	0.282	1.75	0.356	2.17	0.436	2.61
6	6.90	0.329	2.97	0.406	3.62	0.511	4.48	0.627	5.39
8	9.05	0.431	5.11	0.532	6.23	0.670	7.71	0.823	9.28
10	11.10	0.529	7.68	0.653	9.37	0.822	11.60	1.009	11.95
12	13.20	0.629	10.86	0.776	13.25	0.978	16.40	1.200	19.73
16	17.40	0.829	18.87	1.024	23.02	1.289	28.49	1.582	34.29
18	19.50	0.929	23.70	1.147	28.92	1.444	35.78	1.773	43.07
20	21.60	1.029	29.08	1.271	35.48	1.600	43.91	1.964	52.84
24	25.80	1.229	41.05	1.518	50.62	1.911	62.64	2.345	75.39
30††	32.00	1.524	63.83	1.882	77.86	2.370	96.38	2.909	115.99
36††	38.30	1.824	91.43	2.253	111.54	2.837	138.04		
42††	44.50	2.119	123.44	2.618	150.60	3.296	186.35		
48††	50.80	2.419	160.86	2.988	196.27				

† Los rangos de clase de presión son para temperatura del agua a 80°F (27°C) o menos. Los rangos de clase de presión pueden variar para otros fluidos y temperaturas de servicio. * El tamaño del DE y el espesor mínimo de la pared por AWWA C906. Para cálculos de flujo, el DI promedio puede ser estimado usando: DI Promedio = Tamaño DE – (2.12 x pared min.). Para DI actual (para refuerzos, etc.), consultar AWWA C906 para tolerancias y otros factores que afecten el DI del tubo. ‡ El peso del tubo calculado por PPI TR-7. †† DIPS de 30" y de mayor tamaño sujetos a cantidades mínimas de pedido.

Tabla 4 DRISCOPLEX® 4100 - Sistema para clasificar tamaño de Tubo IPS

	DR 21 (80 psi PC †)	DR 17 (100 psi PC)	DR 13.5 (130 psi PC)	DR 11 (160 psi PC)
--	---------------------	--------------------	----------------------	--------------------

Tamaño									
Tamaño de Tubo IPS	DE, pulg.	Pared Mínima, pulg.	Peso†, lb/pie	Pared Mínima, pulg.	Peso, lb/pie	Pared Mínima**, pulg.	Peso, lb/pie	Pared Mínima, pulg.	Peso, lb/pie
3*	3.500	0.167	0.77	0.206	0.93	0.259	1.15	0.318	1.39
4**	4.500	0.214	1.26	0.265	1.54	0.333	1.90	0.409	2.29
6	6.625	0.315	2.73	0.390	3.34	0.491	4.13	0.602	4.97
8	8.625	0.411	4.64	0.507	5.65	0.639	7.00	0.784	8.42
10	10.750	0.512	7.21	0.632	8.78	0.796	1.087	0.977	13.09
12	12.750	0.607	10.23	0.750	12.36	0.944	15.29	1.159	18.41
14	14.000	0.667	12.22	0.824	14.91	1.037	18.44	1.273	22.20
16	16.000	0.762	15.96	0.941	19.46	1.185	24.09	1.455	29.00
18	18.000	0.857	20.19	1.059	24.64	1.333	30.48	1.636	36.69
20	20.000	0.952	24.93	1.176	30.41	1.481	37.63	1.818	45.30
22	22.000	1.048	30.18	1.294	36.80	1.630	45.56	2.000	54.82
24	24.000	1.143	35.91	1.412	43.81	1.778	54.21	2.182	65.24
26††	26.000	1.238	42.14	1.529	51.39	1.926	63.62	2.364	76.55
28††	28.000	1.333	48.86	1.647	59.62	2.074	73.78	2.545	88.79
30††	30.000	1.429	56.12	1.765	68.45	2.222	84.69		
32††	32.000	1.524	63.84	1.882	77.86	2.370	96.35		
36††	36.000	1.714	80.78	2.118	98.57	2.667	121.98		
42††	42.000	2.000	109.97	2.470	134.15				
48††	48.000	2.286	143.65						
54††	54.000	2.571	181.80						

† Los rangos de clase de presión son para temperatura del agua a 80°F (27°C) o menos. Los rangos de clase de presión pueden variar para otros fluidos y temperaturas de servicio. * IPS DE de 3" y el espesor mínimo de la pared por AWWA C901. ** IPS DE de 4" y de mayor DE y espesor mínimo de la pared por AWWA C906. Para cálculos de flujo, el DI promedio puede ser estimado usando: DI Promedio = Tamaño DE – (2.12 x pared min.). Consultar AWWA C906 para tolerancias y otros factores que afecten el DI actual del tubo. ‡ El peso del tubo calculado por PPI TR-7. †† IPS de 26" y de mayor tamaño sujetos a cantidades mínimas de pedido.

Estimación de Presión

La tubería del sistema de agua debe ser diseñada para la presión interna continua y para presiones transitorias (oleada) impuestas por la aplicación en particular. El tubo de polietileno de alta densidad, DriscoPlex® PE 3408, proporciona un balance único de propiedades que están especialmente bien adaptadas para distribución y transmisión de agua. El tubo de polietileno de alta densidad DriscoPlex® PE 3408 tiene una fuerza a largo plazo sobresaliente, que proporciona durabilidad para un servicio de presión interna continua a largo plazo. El tubo de HDPE DriscoPlex® PE 3408 también proporciona propiedades elásticas dúctiles excepcionales que proporcionan resistencia excepcional a la fatiga y reserva la fuerza necesaria para oleadas de presión recurrentes o intermitentes.

Presión Interna Continua

La presión interna continua, exclusiva de oleadas de presión transitorias, se define como "presión activa". La capacidad de presión activa de un tubo es una función del estrés del anillo permitido y el espesor del tubo. El estrés del anillo admisible se determina probando el tubo de plástico a varias presiones internas, analizando los datos de prueba y clasificando el resultado. El resultado clasificado es definido como base de diseño hidrostática (HDB, siglas en inglés). La HDB es usada en las ecuaciones de estimación de presión siguientes.

Table 5 HDB for Performance Pipe PE 3408

Temperatura del Servicio	Base de Diseño Hidrostático, BDH
73°F (23°C)	1600 psi (11.03 MPa)
140°F (60°C)	800 psi (5.52 MPa)

Oleada de Presión

Cuando hay un incremento o decremento repentino en la velocidad del flujo del sistema de agua, va a ocurrir una oleada de presión. Oleadas de presión recurrentes, P_{OR}, son eventos de oleada repetitivos que ocurren frecuentemente, como durante la operación de arranque-parada de la bomba. Oleadas de presión ocasionales, P_{OO}, son oleadas que ocurren irregularmente como, un cambio repentino del flujo debido a combate del fuego u operación de revisión de válvula. La magnitud de la presión de oleaje corresponde directamente al cambio de velocidad; mayor cambio de velocidad produce mayor presión de oleada. La magnitud de una oleada de presión debido a un cambio rápido de velocidad del flujo puede ser aproximado con las siguientes ecuaciones:

$$P_s = \frac{aV}{2.31g} \qquad a = \frac{4660}{\sqrt{1 + \frac{K}{E}(DR - 2)}}$$

Donde:

- P_s = oleada de presión, lb/pulg²
- a = velocidad de la ola, pie/s
- g = aceleración de la gravedad, 32.2 pie/s²
- V = cambio en la velocidad del flujo, pie/s
- E = modulo de elasticidad instantáneo para PE, lb/pulg² (150,000 lb/pulg² para PE 3408 a <80°F)
- K = módulo de volumen del líquido, lb/pulg² (300,000 lb/pulg² para agua a <80°F)
- DR = radio de dimensión del tubo

$$DR = \frac{OD}{t_{min}}$$

- OD = diámetro exterior del tubo, pulg.
- t_{min} = espesor mínimo de la pared del tubo, pulg.

Con estas características únicas, elásticas y dúctiles; flexibilidad, resiliencia y soberbia resistencia a la fatiga, los tubos, DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 tienen tremenda tolerancia a ciclos de oleaje. Su módulo de elasticidad baja proporciona un mecanismo de amortiguación para cargas de choque. Estas propiedades de corto plazo tienen como resultado presiones de oleaje menores comparadas a sistemas más rígidos como el acero, hierro dúctil o PVC. Por el mismo cambio de velocidad en los sistemas de tubería de agua, las presiones de oleaje en los tubos de polietileno DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 son cerca del 86% menores que en el tubo de acero, cerca del 80% menos que en el tubo de hierro dúctil y cerca del 50% menos que en tubo PVC.

A diferencia de otros tubos de plástico y metal, presiones de oleada en los tubos de polietileno DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 se manejan arriba de la capacidad de presión de trabajo del tubo.

Clase de Presión (CP)

AWWA utiliza el término “Clase de Presión” para definir la capacidad de presión bajo un conjunto predefinido de condiciones de operación. Para polietileno, la CP denota la máxima presión de trabajo permitida para el agua con una tolerancia predefinida para oleadas de presión y una temperatura máxima de operación del tubo de 80 °F.

$$CP = (2 \times BDH \times FD) / (DR - 1)$$

Donde los términos están definidos previamente y:

- PC = clase de presión, lb/pulg²
- BDH = base de diseño hidrostático para PE 3408, lb/pulg² (Tabla 5)
- FD = factor de diseño (0.50 para agua limpia)

La Tabla 6 muestra los rangos de Clase de Presión, Tolerancia de Oleada y su correspondiente cambio repentino permitido de velocidad del flujo para DR estándar del tubo de agua DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100.

Tabla 6 Clase de Presión, Tolerancia de Oleaje y Cambio de Velocidad Repentino Correspondiente para Tubo Operando a 80 °F

DR	PC, psi	Eventos de Oleaje Recurrente - P _{OR}		Eventos de Oleaje Ocasionales - P _{OO}	
		Tolerancia de Oleaje, P _{OR} , lb/pulg ²	Cambio de Velocidad Repentino Correspondiente, pie/s	Tolerancia de Oleaje, P _{OO} , lb/pulg ²	Cambio de Velocidad Repentino Correspondiente, pie/s
21	80	40.0	4.0	80	8.0
17	100	50.0	4.4	100	8.9
13.5	128	64.0	5.0	128	10.0
11	160	80.0	5.6	160	11.1

Para la extensa mayoría de sistemas municipales, los tubos de agua de polietileno DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 tienen considerablemente más capacidades de oleaje y velocidad que la necesaria, aún bajo condiciones temporales de flujo alto como agua a presión o abatir fuego.

- La tolerancia de oleaje y efectos de temperatura varían de un material de tubo a otro y se pueden sacar conclusiones erróneas al comparar la CP de dos materiales de tubería diferentes. Por ejemplo, la CP definida por AWWA para tubo PVC C900 incluye una tolerancia de oleaje que corresponde a una velocidad de flujo de 2 pie/seg. A velocidades de flujo mayores a 2 pie/seg., el tubo PVC C900 PVC debería ser desclasificado. Cuando ambas, capacidad de presión de trabajo y capacidad de oleaje, son justificadas a velocidades cercanas a los 5 pie/seg., virtualmente el mismo DR es requerido para PVC C906 y C900.

Rango de Presión de Trabajo (RPT)

Como está descrito, una tubería que contiene líquido que fluye está periódicamente sujeta a dos modos de estrés hidrostático: estrés sostenido de presión de trabajo y estrés transitorio de cambios repentinos de la velocidad del agua. El tubo debe ser diseñado para manejar ambos modos de estrés. Como está definido en los Estándares de AWWA, El Rango de Presión de Trabajo (RPT) es la capacidad de resistir la presión de trabajo (PT) con capacidad suficiente contra las oleadas de presión positivas anticipadas actuales arriba de la presión de trabajo. El único “rango de presión” que el diseñador del sistema de distribución de agua debe de considerar es el Rango de Presión de Trabajo, RPT. La presión de operación sostenida aplicada al tubo (presión de trabajo) no debe ser mayor que el RPT. Clase de Presión y Rango de Presión de Trabajo están muy relacionadas. Clase de Presión es un rango basado en condiciones de operación que están predefinidas en el Estándar AWWA, donde RPT se calcula en base a las condiciones de operación anticipadas de la aplicación actual. La Clase de Presión predeterminada del Estándar AWWA puede o no puede ser apropiado para la aplicación actual.

La siguiente relación entre PT, RPT y CP y PC aplica:

$$PT \leq RPT \leq CP$$

Rango de Presión de Trabajo para Condiciones de Operación Típicas

Cuando las velocidades de flujo esperadas están dentro de los límites dados en la Tabla 6 y el tubo opera a 80 °F o menos, la siguiente ecuación aplica:

$$RPT = CP$$

Rango de Presión de Trabajo para Otras Condiciones de Operación

En aplicaciones donde el tubo opera a temperaturas por arriba de 80 °F o donde las demandas de flujo excepcionalmente altas exceden la tolerancia de oleada CP, RPT debe ser calculado. RPT es igual a la menor de las siguientes tres condiciones:

Condición 1 La CP nominal del tubo ajustada para cuando la temperatura esté arriba de 80°F :

$$RPT = (CP) F_T$$

Condición 2 Una y media veces la CP del tubo ajustada para temperatura menos la presión máxima resultante de oleadas de presión recurrentes (OPR):

$$RPT = 1.5 (CP) F_T - P_{OR}$$

Condición 3 Dos veces la CP del tubo ajustada para temperatura menos la presión máxima que resulta de oleadas de presión ocasionales (OPO):

$$RPT = 2.0 (CP) F_T - P_{OO}$$

Tolerancia de Oleada, P_{OR} o P_{OO} , puede ser aproximada usando las ecuaciones en “Oleada de Presión” arriba. Como las ecuaciones lo muestran, operar a una presión de trabajo menor a la CP nominal del tubo proporciona capacidad de presión de oleada adicional.

Factores de reducción de temperatura, F_T , se presentan en la Tabla 7. (Ver página siguiente)

Tabla 7 Factor de Temperatura, F_T

Temperatura de Servicio, °F (°C)	≤ 80 (27) †	≤ 90 (32)	≤ 100 (38)	≤ 110 (43)	≤ 120 (49)	≤ 130 (54)	≤ 140 (60) ‡
Factor de Temperatura, F_T	1.00	0.90	0.78	0.75	0.63	0.60	0.50

† Use 80°F (27°C) factor de servicio para 80°F (27°C) y temperaturas de servicio más bajas. ‡ La máxima temperatura de servicio para el tubo de presión DRISCOPEX® PE 3408 es 140°F (60°C).

Flujo de Agua

La tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 tiene propiedades de superficie únicas que reducen la resistencia al flujo y ayudan a mantener propiedades de resistencia de flujo reducido a largo plazo. HDPE tiene una superficie tipo cera, repelente al agua, que no se oxida, pudre, corroe, no forma tubérculos ni apoya crecimiento biológico. La turbulencia a velocidades de flujo moderadas ayuda a prevenir depósitos y sedimentación para ayudar a mantener la resistencia de flujo reducido a largo plazo y reducir la necesidad de meter agua a presión como mantenimiento.

Los diseñadores utilizan varios métodos para determinar la resistencia del flujo. Para ecuaciones tradicionales de resistencia del flujo desarrolladas por Darcy-Weisbach, Fanning, Colebrook y Moody, típicamente se utiliza en el diseño una aspereza absoluta de 5×10^{-6} pies (1×10^{-8} m). Para la fórmula empírica de Hazen-Williams (mostrada abajo), un Factor C de 150-155 es típicamente usado en el diseño.

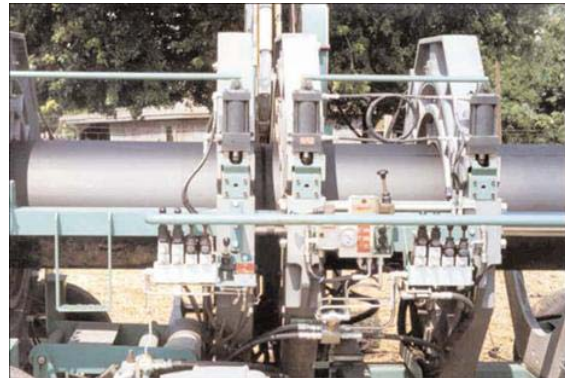
$$h_f = 0.002083 L \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \left(\frac{Q}{d^{4.8655}} \right)^{1.85}$$

$$P_f = 0.0009015 L \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \left(\frac{Q}{d^{4.8655}} \right)^{1.85}$$

Donde h_f = fricción (cabeza)
 pérdida para agua, pies.
 L = longitud del tubo, pies.
 C = Factor-C
 Q = flujo, gal/min
 D = diámetro interior del tubo, pulgadas.
 P_f = fricción pérdida para agua, psi

Unión

El tubo de polietileno de alta densidad DriscoPlex® Series y accesorios son unidos utilizando fusión con calor, collarines, conexiones mecánicas que son diseñadas para tubo PE y electro fusión. Fusión por calor es un procedimiento simple, visual que utiliza temperatura controlada y presión para derretir y unir por fusión materiales de tubo de PE. La fusión de ensamble es utilizada para unir componentes de extremo a extremo; la fusión saddle para unir una ramificación de desagüe a la tubería principal y la fusión enchufe para unir tubos más pequeños a accesorios enchufe. Las uniones de fusión por calor son confiables, libres de fuga, completamente restringidas y tan fuertes como el mismo tubo. Contacte a Performance Pipe para procedimientos de unión recomendados.



Con fusión con calor, no hay juntas para dejar escapar, no se requieren trabas de junta y los bloques de empuje son necesarios solo bajo circunstancias inusuales. Una tolerancia de escape común para tubos



de presión unidos con gasketed-belland-spigot es innecesaria con el sistema de tubería a presión Performance Pipe PE 3408. Las juntas de fusión con calor están completamente restringidas y son tan fuertes como el mismo tubo. Debido a que la presión del flujo del agua no puede empujar el extremo del tubo unido con fusión con calor, no son requeridos bloques de empuje. El afianzamiento por empuje pudiera ser requerido para controlar fuerzas de efecto Poisson donde los tubos de PE están conectados a tubería campana y enchufe.

El tubo Performance Pipe PE 3408 y accesorios también pudieran ser unidos o traspasados a otros materiales con collarines, conexiones mecánicas que están diseñadas para tubo de PE o electro fusión. Estas conexiones deben ser efectuadas de acuerdo a las instrucciones de conexión del fabricante. Algunas conexiones tales como conexiones mecánicas de compresión externas pueden requerir de un refuerzo en el calibre del tubo.

Las Serie de productos de tubería de PE de Alta Densidad DriscoPlex® no pueden ser unidos con pegamento adhesivo o solvente. La unión enroscando y la unión con aire caliente (gas caliente) o técnicas de soldadura de extrusión no son recomendadas para servicio de presión.



Tapping



Los sistemas de tubería DriscoPlex® 4000, DriscoPlex® 4100, DriscoPlex® 1500 y DriscoPlex® 1600 pueden ser tapped con equipo convencional de tapping de colector principal. La operación tapping es esencialmente la misma que la utilizada para cualquier colector principal. Una tapping sleeve para tubo de PE de AD es instalada en el colector, una válvula tapping abierta se conecta a la sleeve y después una máquina tapping es conectada a la válvula. Un cortador de revestimiento giratorio en la máquina tapping se avanza a través de la pared del tubo y después se retira. La válvula se cierra y la máquina tapping se retira. Entonces la tubería de ramificación de la línea se conecta a la válvula. Cuando el colector principal no esta presurizado, la válvula se puede omitir. Para tubería de PEAD, el cortador de revestimiento de la máquina tapping tiene pocos dientes y espacios libres grandes entre los dientes..

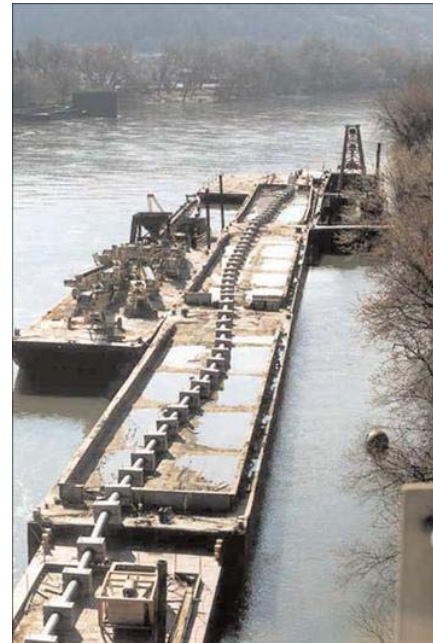
Instalación

Los materiales de la tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 son estabilizados contra degradación UV y pueden ser instalados permanentemente en y arriba de la superficie⁶.

Las aplicaciones sobre la superficie y arriba de nivel deben de ser soportadas debidamente y deben de tomar en cuenta expansión térmica y contracción. Si el ambiente externo somete la línea a condiciones de congelamiento, el agua en la tubería se puede congelar, sin embargo, el tubo se expandirá a medida que el hielo se forma y no se quebrará. Para prevenir congelamiento, la línea puede ser aislada y pudiera ser trazada con calor si fuera necesario. El equipo de trazado de calor no debe de exceder 120°F (49°C).

Aunque las tuberías DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 pueden ser instaladas sobre o arriba de nivel, la mayoría de las aplicaciones de agua son instaladas bajo tierra. (La tubería DriscoPlex® 1500 y DriscoPlex® 1600 debe ser instalada bajo tierra.) Métodos de instalación incluyen entierro directo, perforación direccional horizontal, tracción, arado y colocación.

Las tuberías DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 también son utilizadas para rehabilitar líneas de tubería existentes. Técnicas de rehabilitación incluyen deslizar revestimientos, rompimiento del tubo, y técnicas propias para instalar revestimientos de ajuste hermético.



Entierro Directo

El entierro directo requiere abrir una zanja, colocar el tubo en la zanja, después volver a rellenar con materiales apropiados. Los tubos son unidos en hileras largas antes de colocarlos en la zanja. Los tubos DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 deberán ser instalados de acuerdo con el estándar ASTM D 2774, *Práctica Estándar para Instalación Subterránea de Tubería de Presión Termoplástico*.



Como todos los materiales de tubería, la tubería de PEAD debe ser instalada correctamente. El Polietileno de Alta Densidad es un material de tubería flexible que trabaja junto con el suelo donde está empotrado para sostener las cargas de tierra y las cargas móviles sobre el. Se requiere suelo adecuado para proporcionar soporte alrededor del tubo y se deben colocar tierras firmes para que el tubo esté adecuadamente rodeado de materiales que lo fijen firmemente. En general, se prefieren arenas angulares gruesas y grava pero se pueden utilizar otros materiales bajo la dirección del ingeniero de diseño. Vea ASTM D 2774 para el tamaño del material para empotrar. Los materiales para empotrar se deben colocar en las áreas traseras debajo de la línea de resorte del tubo y arriba del tubo para que el tubo este completamente encapsulado sin vacíos en donde esta empotrado. Se prefiere un empotrado compacto. Vea el *Manual de Ingeniería Performance Pipe* para información acerca del diseño de las instalaciones subterráneas.

6 La tubería DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 con revestimiento azul no deberán ser usadas para aplicaciones sobre o arriba de la superficie. Estos productos están estabilizados UV para permitir almacenaje al aire libre sin protección hasta por 18 meses.

Perforación Direccional Horizontal

La perforación direccional horizontal es una técnica para instalar tubos y líneas utilitarias bajo tierra usando un equipo de perforación fijado a la superficie que lanza y coloca un tren de sondeo

en un ángulo poco profundo a la superficie y que tiene capacidades de rastreo y dirección. Cuando la perforadora avanza bajo tierra, crea un pozo de sondeo a lo largo de su camino. Cuando se llega al destino, el tren de sondeo se dirige hacia arriba para penetrar en la superficie. Después de que el pozo de sondeo ha sido abierto, un escariador se sujeta a la cabeza del tren de sondeo y el tubo de PEAD se sujeta al escariador. Entonces el tren de sondeo se retira. Durante la retracción, el pozo de sondeo es ensanchado por el escariador y el tubo de PEAD se dirige al pozo de sondeo. Para proteger el tubo de PEAD de carga de tracción excesiva, un eslabón débil o un dispositivo disidente se deberían de usar siempre en la cabeza del tubo de PEAD. La carga tensora permitida para colocar dispositivos de eslabón débil se determina utilizando el estándar ASTM F1804, *Práctica Estándar para Determinar Carga Tensora Permitida para Tubo de Gas de Polietileno (PE) Durante Instalación Tracción hacia dentro*. Aplicaciones con Perforación Direccional Horizontal (PDH) deberán ser instaladas de acuerdo al estándar ASTM F1962, *Guía Estándar para Uso de Perforación Direccional Maxi-Horizontal para Colocación de Tubo de Polietileno o Conducto bajo Obstáculo, Incluyendo Cruces de río, Instituto de Tubo de Plástico (PPI), Tubo de Polietileno para Perforación Direccional Horizontal y el Mini Manual Perforación Direccional Horizontal publicado por la Sociedad Norte Americana de Trenchless Technology (NASTT)*. Información adicional está disponible en la Nota Técnica PP-800 HDD – *Perforación Direccional Horizontal* de Performance Pipe.

Colocación, Arado y Tracción

La colocación y arado están limitados a suelos adecuados y condiciones del sitio. En colocación, excavadoras de zanjas de tipo rueda o cadena son utilizadas para cortar una zanja angosta y de fondo redondo. Una fila larga de tubo o tubo de un rollo se alimenta sobre la excavadora de zanjas y directamente hacia la zanja. Después de abrir la zanja y colocar el tubo se rellena. En arado, se utiliza una máquina de arado en lugar de una excavadora para abrir la zanja. El arado puede ser adaptado con un conducto para alimentar el tubo hacia abajo a través del arado hacia el fondo de la zanja. El radio mínimo de curvatura para el conducto de arado que alimenta el tubo es 10 veces el Diámetro Externo (DE) del tubo. El tubo flexible de PEAD es ideal para estas instalaciones.

La Tracción requiere abrir una zanja y después jalar el tubo hacia la zanja desde un extremo. Algunas veces un camión es adaptado con un botalón que se extiende sobre y dentro de la zanja. El tubo es sujetado al botalón y después el camión se conduce a lo largo de la zanja para arrastrar el tubo dentro de la zanja. Así como en la perforación direccional horizontal, el tubo el tubo siempre debe estar protegido con un eslabón débil o un dispositivo disidente en el extremo delantero.



Rehabilitación

En revestimiento deslizante, un tubo ligeramente más pequeño se jala o se empuja dentro del tubo viejo. Típicamente, el tubo nuevo debe ser al menos 10% más pequeño en diámetro externo que el diámetro interno del tubo anfitrión. El tubo anfitrión debe ser despresurizado y limpiado y se deben quitar los recodos herméticos. Se excava un pozo de entrada inclinado y se quita una sección de la parte de arriba del tubo anfitrión. Entonces el tubo nuevo se empuja y/o jala hacia el tubo anfitrión. Una vez instalado, el tubo nuevo se conecta al sistema en los dos extremos.

En muchos casos, las características de flujo mejoradas del tubo de PEAD DriscoPlex® 4000 y DriscoPlex® 4100 pueden distribuir flujos comparables a la capacidad original, aunque el tubo nuevo es menor. Ver el estándar ASTM F 585, *Práctica Estándar para la Inserción de Revestimientos Flexibles a Colectores Existentes*.

En rompimiento del tubo, los preparativos son similares al empuje de revestimiento deslizante, pero una cabeza de ruptura se coloca delante del tubo nuevo. La cabeza de ruptura rompe el tubo anfitrión en fragmentos para que un tubo nuevo de igual tamaño o mayor pueda ser jalado dentro. El rompimiento del tubo se limita a tubos anfitriones que puedan ser fragmentados.

Otras técnicas de rehabilitación incluyen revestimientos de ajuste hermético donde técnicas propias son utilizadas para instalar el revestimiento dentro del tubo anfitrión en contacto íntimo con el DI del tubo anfitrión. Estas técnicas propias típicamente utilizan un procedimiento mecánico como rodillos, embutición o deformación a forma U para reducir el diámetro de un revestimiento. Entonces es instalado dentro del tubo anfitrión con un procedimiento similar al de revestimiento deslizante y después re-expandido contra el DI del tubo anfitrión utilizando varios métodos para revertir el tubo de revestimiento a su diámetro original⁷.

Después de la Instalación

Los procedimientos posteriores a la instalación generalmente incluyen pruebas de fuga y desinfección para líneas de agua potable.

Pruebas de Fuga

Tome todas las precauciones necesarias para asegurar la seguridad de las personas y propiedad mientras conduce pruebas de fuga. Las pruebas de fuga siempre deben ser conducidas utilizando procedimientos de pruebas de fuga hidrostáticos. En general, la presión de prueba máxima permitida para pruebas de fuga es 150% de la presión de trabajo del tubo en la menor elevación de la línea; el tiempo máximo asignado para conducir una prueba de fuga es de ocho (8) horas incluyendo traer la línea a la presión de prueba, mantener la presión de prueba y despresurizar; si se encuentran fugas, se debe despresurizar la línea antes de efectuar las reparaciones; y si es necesario volver a probar, permita que la línea se relaje por lo menos ocho (8) horas antes de volver a presurizar la línea. Ver Nota Técnica de Performance Pipe PP-802, *Pruebas de Fuga para procedimientos de prueba de fuga recomendados*.

ADVERTENCIA – Las uniones de fusión hechas correctamente no permiten fuga. Al presurizar, pérdida (fuga) en una unión de fusión defectuosa puede inmediatamente presidir una separación catastrófica y resultar en un movimiento violento y peligroso de la tubería o de partes de ésta y la liberación del contenido de la línea de tubería bajo presión. Nunca se acerque o intente reparar o detener fugas mientras la línea de tubería esté presurizada. Siempre despresurice la línea de tubería antes de hacer correcciones. Uniones de fusión defectuosas no pueden ser reparadas.

Desinfección

Procedimientos aplicables para desinfectar tuberías de agua potable nuevas o reparadas se presentan en estándares como ANSI/AWWA C651, *Desinfección de Tuberías de Agua*. ANSI/AWWA utiliza cloro líquido, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio para químicamente desinfectar la tubería. Soluciones para desinfectar no deben de exceder 12% de cloro activo porque una mayor concentración puede atacar químicamente y degradar el polietileno. Después de desinfectar, toda la solución desinfectante debe ser limpiada con agua a presión del sistema, especialmente de las líneas sin salida.

⁷ Debido a que algunas técnicas propias de instalación de revestimiento de ajuste hermético pueden imponer alto estrés en un revestimiento de polietileno, el instalador deberá proporcionar datos e información de validación y deberá certificar el funcionamiento a largo plazo del revestimiento instalado.

Reparaciones

El daño generalmente requiere reemplazar la sección dañada. Con tubos más grandes, normalmente es necesario reemplazar la sección dañada con una sección con collarín del tubo. Tubos más pequeños pudieran ser suficientemente flexibles para fusionar una sección de

reemplazo del tubo en un extremo y después desviar el otro extremo al lado para que una unión mecánica completamente restringida o un ajuste de electro fusión pueda ser instalado.

Reparaciones temporales para sellar fugas o perforaciones menores, o para reforzar áreas dañadas hasta que se puedan realizar reparaciones permanentes típicamente emplean una abrazadera de reparación de circunvalación completa. El tubo de presión de polietileno no puede ser reparado o restaurado a capacidad de servicio completo usando soldadura de extrusión o aire caliente para llenar o pegar áreas dañadas.

Advertencias

Observe todos los códigos y regulaciones locales, estatales y federales; y precauciones de seguridad en manejo general, instalación, construcción y operación. Las siguientes son algunas precauciones adicionales que deben ser observadas al utilizar productos de tubería de polietileno Performance Pipe.

Fusión y Unión

Durante la fusión con calor, el equipo y los productos pueden exceder 400°F (204 °C). Cuide de prevenir quemaduras.

No doblar los tubos en alineación contra las abrazaderas extremas abiertas de máquina de fusión. El tubo puede soltarse y causar lesiones o daños.

Los productos de tubería de polietileno Performance Pipe no pueden ser unidos con cemento adhesivo o solvente. Las técnicas de unión tubo-roscado, unión con soldadura de aire caliente (gas) o soldadura de extrusión no son recomendadas para servicio de presión.

La penetración de hidrocarbón líquido puede ocurrir cuando existen hidrocarbones líquidos en el tubo o cuando el suelo que rodea el tubo está contaminado con hidrocarbones líquidos. Un tubo de polietileno permeado debería ser unido utilizando conexiones mecánicas adecuadas porque la unión por fusión a tubos empapados con hidrocarbón líquido puede resultar en una unión de poca fuerza. Los accesorios mecánicos deben ser instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante del accesorio. Ver Boletín PP 750 de Performance Pipe y el *Manual de Ingeniería de Performance Pipe*.

Peso, Descarga y Manejo

Aunque la tubería de polietileno es ligera comparada a otros productos de tubería, peso significativo pudiera estar involucrado. Mueva la tubería de polietileno con equipo adecuado de manejo y levantamiento. Utilice

eslingas de fábrica. No utilice cadenas o cuerdas de alambre. No deje caer rodando el tubo del camión ni arrastre la tubería sobre rocas afiladas u otros objetos abrasivos. El manejo inadecuado o abuso puede dañar la tubería y comprometer el funcionamiento del sistema u ocasionar lesión o daño a la propiedad. **Obtenga y observe las instrucciones de manejo proporcionadas por el conductor de la entrega.**

Golpear el tubo con un instrumento como un martillo puede resultar en un rebote descontrolado. Almacene los productos DriscoPlex® de manera que el potencial por daño o lesión sea minimizado. Ver el *Manual de Ingeniería Performance Pipe*.

Pruebas

Cuando se requieran hacer pruebas, observe todas las medidas de seguridad, limite el tubo contra movimiento en el evento de una falla catastrófica y observe limitaciones de temperatura, pruebe presión, pruebe duración y el realizar reparaciones. Ver Nota Técnica PP-802 de Performance Pipe, *Pruebas de Fuga de Sistemas de Tubería de PE*.

Protección Contra Cargas de Deslizamiento o Flexión

Donde una ramificación de polietileno o un tubo de servicio se unen a un accesorio de ramificación o donde los tubos entran o salen de revoques o paredes, se debe utilizar soporte estructural como relleno compacto colocado adecuadamente y un manguito protector. Si se instala un manguito protector o no, de todos modos el área que rodea la conexión debe estar soportada estructuralmente por empotrado en relleno compactado colocado adecuadamente u otros medios para proteger el tubo de polietileno contra cargas de deslizamiento o flexión. Ver el Manual de Ingeniería de Performance Pipe y ASTM D 2774.