

NOVAFORT®

Manual técnico



ÍNDICE

	PÁG.		PÁG.
1. INTRODUCCIÓN		6. INSTALACIÓN EN ZANJA	
1.1.	4	6.1.	29
1.2.	4	6.2.	29
1.3.	4	6.2.1.	29
1.3.1.	4	6.2.2.	29
1.3.2.	5	6.3.	29
1.3.3.	5	6.3.1.	29
2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		6.3.2.	30
2.1.	6	6.4.	30
2.2.	6	6.5.	30
2.3.	6	6.5.1.	30
2.4.	6	6.5.2.	30
2.5.	6	6.6.	30
2.6.	7	6.6.1.	30
2.7.	7	6.6.2.	31
2.8.	7	6.6.3.	32
2.8.1.	7	6.7.	32
2.8.2.	8	6.7.1.	33
2.8.2.1.	8	6.7.2.	33
2.8.2.2.	8	6.8.	35
2.8.2.3.	8	6.9.	35
2.8.2.4.	8	6.9.1.	35
2.8.2.5.	8	6.9.2.	36
2.9.	9	6.9.3.	36
2.10.	9	6.9.4.	36
2.11.	10	6.9.5.	37
2.12.	10	6.9.6.	37
2.13.	10	6.10.	37
2.14.	10	6.10.1.	37
3. CÁLCULO HIDRÁULICO		6.10.2.	37
3.1.	11	6.10.3.	38
3.2.	11	6.10.4.	38
3.2.1.	12	6.10.4.1.	38
3.2.2.	12	6.10.4.2.	39
4. CÁLCULO ESTRUCTURAL		7. CONTROLES	
4.1.	13	7.1.	40
4.1.1.	13	7.2.	40
4.1.2.	14	7.3.	40
4.1.3.	14	7.3.1.	40
4.1.4.	14	7.3.2.	40
4.1.5.	16	7.4.	41
4.2.	17	ANEXO I: ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DEL PVC-U	
4.2.1.	17		43
4.2.2.	18		43
4.3.	19		45
4.3.1.	19		45
4.3.2.	22	ANEXO II: TABLA DE RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS	
4.3.2.1.	22		46
4.3.2.2.	22	ANEXO III: CAUDALES Y VELOCIDADES-NOVAFORT	
4.3.2.3.	23		50
4.4.	23	ANEXO IV: CONEXIONES NOVAFORT	
5. TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO			80
5.1.	25		
5.2.	26		
5.3.	27		

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿QUÉ ES NOVAFORT®?

NOVAFORT® es el sistema de tuberías de PVC-U de pared estructural de Wavin, para obras de infraestructura (redes y grandes colectores) de desagüe sanitario y pluvial y variadas aplicaciones industriales.

1.2. HISTORIA Y EXPERIENCIA

El origen de la tubería **NOVAFORT®** data de 1995, cuando **AMANCO WAVIN** desarrolló la tecnología para el mercado colombiano, constituyéndose en el primer producto en su clase para el país y también para la región latinoamericana.

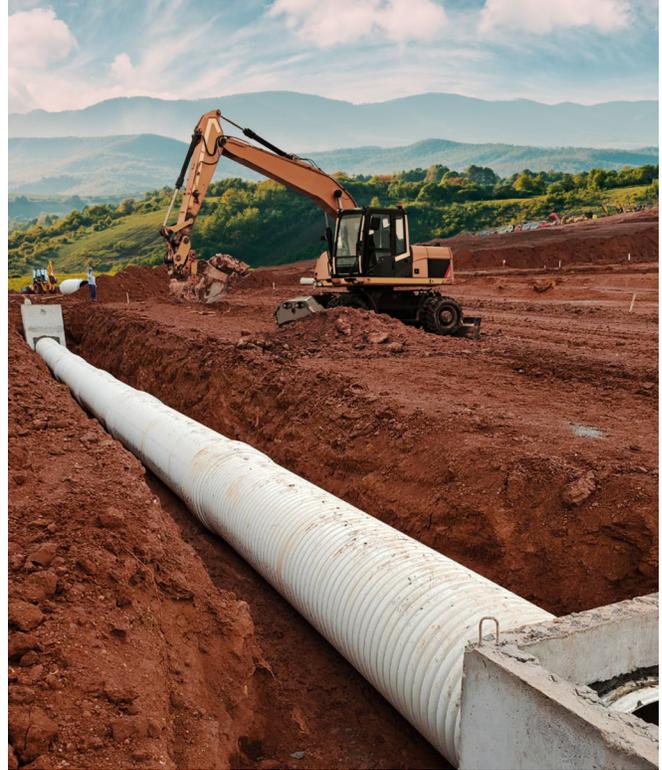


Figura 1.1. Tubo NOVAFORT®

1.3. ¿POR QUÉ ELEGIR NOVAFORT®?

Como veremos en el capítulo siguiente, las características de **NOVAFORT®** garantizan (y superan) el cumplimiento de los requisitos básicos requeridos para la ejecución de sistemas de alcantarillado de calidad:

- hermeticidad
- resistencia estructural
- resistencia al impacto
- durabilidad
- resistencia a la corrosión
- resistencia a la abrasión
- buen comportamiento hidráulico
- facilidad de operación y mantenimiento.

Sin embargo, son las características diferenciadoras de **NOVAFORT®** las que lo posicionan como la mejor tecnología para proyectos de desagüe sanitarios. Estas características pueden agruparse dentro de los siguientes 3 pilares fundamentales:

- a) confiabilidad
- b) sencillez/conveniencia
- c) costos

1.3.1. Confiabilidad

Como ya se mencionó, la gran cantidad de años de experiencia y de kilómetros instalados sin fallas en diferentes países de Latinoamérica hacen de **NOVAFORT®** un producto de suma confianza. Esto se debe a diversos factores, entre los que se puede mencionar:

- Cumple con las normas internacionales más exigentes (ISO 21138, EN 13476).
- Está fabricado con PVC-U, que es el material plástico de mayor trayectoria y confiabilidad probada en el mercado de tuberías.



Figura 1.2. NOVAFORT® en Latinoamérica

El producto, debido a sus cualidades y a su precio muy competitivo, se convirtió rápidamente en la primera opción para la ejecución de redes de alcantarillado en el país y reemplazó a los materiales tradicionales (como el concreto), por una solución plástica de alto rendimiento.

Hoy en día, **NOVAFORT®** se comercializa en casi toda Latinoamérica, se produce en 11 centros de fabricación distribuidos en 8 países y lleva instalados más de 115 000 km* (casi 3 vueltas a la Tierra!) en toda la región, con impecables resultados. Es de destacar que, en todos estos años, el producto nunca ha presentado fallas ni reclamos de importancia, con lo que demuestra una gran solidez y confiabilidad a largo plazo que lo diferencian de otras tecnologías del mercado.

- La rigidez anular nominal (SN) del producto nunca es menor a 2 kN/m², lo que garantiza siempre un adecuado comportamiento estructural, de acuerdo con las recomendaciones de la normativa internacional.
- Mantiene una muy buena resistencia estructural aún frente a cargas de largo plazo, debido a los menores efectos de creep o deformación por fluencia lenta del PVC-U en comparación con otros plásticos. Esto garantiza un mejor comportamiento en situaciones en las que el tubo deba soportar cargas prolongadas en el tiempo o bien frente a situaciones de instalación de mediana calidad.
- Diseño de pared optimizado, no solo para otorgar al producto la rigidez anular especificada, sino también para resistir los esfuerzos que deberá resistir durante su transporte, manipulación e instalación, así como durante la operación y mantenimiento de la conducción una vez en funcionamiento.
- Método de unión de simple y rápida ejecución, con hermeticidad garantizada.
- Debido a las propiedades del material, **NOVAFORT®** presenta una alta resistencia a la amplia mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en las redes de alcantarillado, así como una excelente resistencia a la abrasión, lo que asegura la durabilidad del material en el largo plazo.

Desde su lanzamiento en 1995, **NOVAFORT®** no ha presentado ni un solo evento de colapso o deformación excesiva, aún frente a condiciones de instalación no favorables, probando el altísimo grado de confiabilidad que tiene el producto. Por eso, **NOVAFORT®** es sinónimo de TRANQUILIDAD: elimina la posibilidad de que aparezcan socavones en el suelo a mediano o largo plazo que pudieran poner en riesgo el tránsito vehicular o la seguridad de la población, además de los enormes costos de reparación que involucran.

1.3.2. Sencillez/conveniencia

Una de las grandes ventajas de **NOVAFORT®** es que, además de ser un producto de suma confianza, también aporta sencillez y rapidez a la hora de su instalación, sin requerir maquinaria ni personal especializado y muy adaptable a las diferentes situaciones que pueden aparecer en una obra:

- Tiene bajo peso, lo que posibilita una manipulación e instalación más sencilla, rápida y sin necesidad de maquinaria especial.
- Su método de unión, con espiga-enchufe y sello hidráulico elastomérico, es muy sencillo, rápido de ejecutar y confiable. No necesita personal especializado y no presenta inconvenientes a la hora de las pruebas hidráulicas en obra.
- Presenta una buena estabilidad dimensional en la dirección longitudinal, por lo que la estanqueidad de juntas también queda garantizada a largo plazo.
- Presenta una superficie interna lisa, con un coef. de Manning del orden de $n = 0,009$, lo cual garantiza un excelente desempeño hidráulico y evita la posibilidad de sufrir incrustaciones.

- Los tubos estándar miden 6 metros de longitud y se pueden hacer ajustes en obra de manera muy sencilla (cortando el tubo en cualquier lugar y uniéndolo directamente a otro tubo o accesorio), sin necesidad de piezas adicionales.
- Su acabado interior uniforme, de color claro, le permite tener una superficie de alto contraste que facilita las labores de inspección y limpieza de los sistemas de alcantarillado.
- Es apto para el uso de cuplas deslizantes que facilitan enormemente el proceso de reemplazo de tramos de tuberías que ya están instaladas, si fuera necesario.
- La tubería se presenta en conjunto con una gran variedad de accesorios complementarios disponibles y a la vez es compatible con las cámaras plásticas presentes en el mercado, por lo que permite ejecutar sistemas integrales y completos.

Por otro lado, el excelente desempeño probado, así como las características del PVC-U del que están hechas las tuberías **NOVAFORT®**, aseguran menor cantidad de intervenciones durante su ciclo de vida y, por lo tanto, mayor sencillez de operación.

1.3.3. Costos

En comparación con productos de desempeño equivalente (a corto y largo plazo), **NOVAFORT®** suele ser la solución más económica:

- Producto de menor costo (a igual desempeño).
- Menor costo de instalación:
 - no necesita maquinaria especial
 - requiere menos tiempo
 - no se pierde tiempo con pruebas hidráulicas fallidas.
- Menor costo de mantenimiento.
- Menor frecuencia de limpieza debido a la reducida probabilidad de incrustaciones en sus paredes.
- Mínima probabilidad de falla (probado), por lo que requiere de menos intervenciones a lo largo de su vida útil.
- En el eventual caso de tener que hacer una reparación, gracias a la sencillez del sistema y a la posibilidad del uso de cuplas deslizantes, el proceso es sumamente sencillo y rápido, lo que disminuye sensiblemente los costos implicados en caso de necesitar realizar una intervención.



2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

2.1. FABRICACIÓN

NOVAFORT® es fabricado mediante un moderno proceso automático de extrusión, en un solo paso, que logra una pieza monolítica y de alta resistencia estructural.

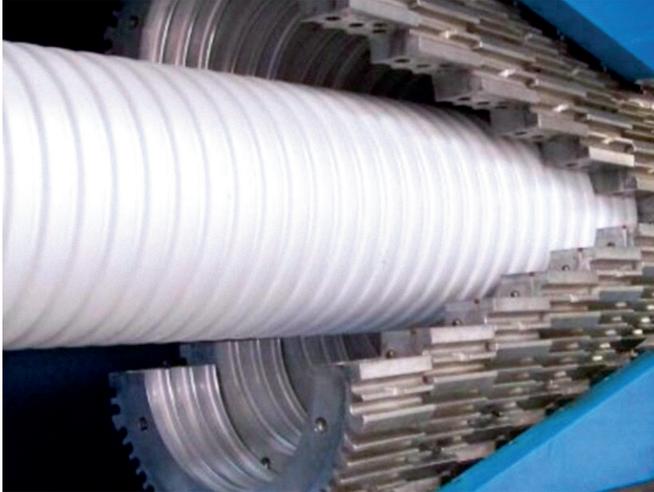


Figura 2.1. Fabricación del tubo NOVAFORT®

2.2. NORMAS/CERTIFICADOS

NOVAFORT® se fabrica de conformidad con las normas internacionales más exigentes (ISO 21138, EN 13376, ASTM F949, ASTM F794).

Adicionalmente, en cada país la tubería posee certificación de conformidad con las normativas locales:

México:	NMX-E-230-CNCP
Colombia:	NTC 3722-3 / NTC 5055
Ecuador:	NTE INEN 2059
Perú:	NTP ISO 21138
Brasil:	NBR ISO 21138
Argentina:	IRAM 13414
Centroamérica:	ASTM F949 / AASHTO M304

2.3. MATERIAL

NOVAFORT® está fabricado íntegramente de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), un material de probada trayectoria y confiabilidad en el mercado de tuberías que goza de las siguientes propiedades:

- comportamiento flexible
- alto desempeño y durabilidad probados a lo largo de más de 5 décadas

- parámetros mecánicos superiores y menor efecto de creep en comparación con otros plásticos
- alta resistencia a productos químicos
- alta resistencia a la abrasión
- menos incrustaciones
- menor necesidad de mantenimiento o intervenciones durante su ciclo de vida.

Ver ANEXO I para más detalles acerca del material.

2.4. DIMENSIONES

Las tuberías **NOVAFORT®** se presentan en un rango de diámetros que va de los 160 mm a los 1000 mm, con 6,0 metros de longitud útil en la mayoría de los casos y en dos rigideces, SN4 y SN8.

Ver ANEXO III

2.5. SISTEMA DE UNIÓN

Las tuberías **NOVAFORT®** tienen un sistema de unión por espiga-enchufe, con anillo de caucho sintético, apto para obras de infraestructura (redes y grandes recolectores) de desagüe sanitario y plural y variradas aplicaciones industriales apreciarse en la Figura 2.2.

Para esto, las tuberías tienen, en uno de sus extremos, una campana de pared interior lisa y exterior perfilada. En el otro extremo, las tuberías mantienen el perfil de pared inalterado, por lo que la “espiga” no tiene diferencia con el resto de la tubería.

El anillo de caucho va insertado en uno de los valles (entre 2 costillas) de la espiga y hace el sello hidráulico contra la campana de pared interna lisa de la tubería acoplada. Este sistema de unión, además de proveer sencillez y rapidez de instalación a la tubería, garantiza la hermeticidad del sistema e impide tanto la exfiltración del caudal transportado como la infiltración del caudal transportado como la infiltración de aguas subterráneas, suelo o suciedad dentro del conducto.

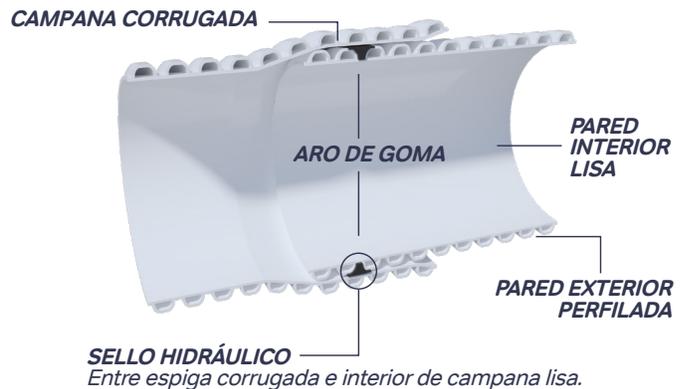


Figura 2.2. Sistema de unión

2.6. LONGITUD

La longitud estándar de los tubos **NOVAFORT®** es de 6,0 metros. Se pueden entregar también en otras longitudes, a pedido.

Adicionalmente, gracias al diseño de su sistema de unión, los ajustes de longitud en obra son muy sencillos: las tuberías se pueden cortar en cualquier punto y unir directamente a otra tubería o accesorio sin necesidad de piezas o metodologías especiales.

2.7. RIGIDEZ ANULAR

En el caso de conducciones sin presión interna, el parámetro que define a las tuberías y las caracteriza frente a su resistencia a los esfuerzos externos es la rigidez anular.

$$SN = \frac{E \cdot I}{D_m^3}$$

La rigidez anular de una tubería indica su resistencia al aplastamiento, es decir, frente a la acción de cargas ovalizantes, y se define como:

Donde:

E: módulo de elasticidad circunferencial del material del que está hecho la tubería.

I: momento de inercia de la sección transversal de la pared de la tubería.

D_m: diámetro medio de la tubería (diámetro al eje de inercia de la pared).

A pesar de ser un valor teórico, se puede verificar mediante ensayos de aplastamiento, en el que se somete una probeta

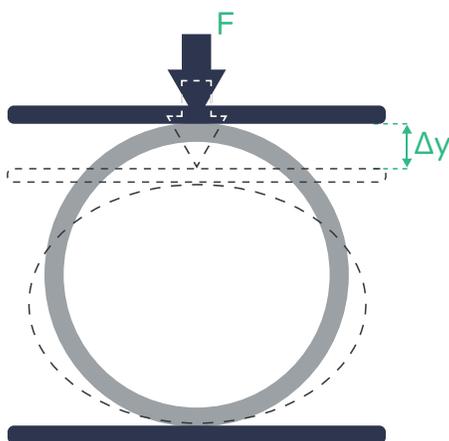


Figura 2.3. Concepto de rigidez anular

(tubería corta, de longitud "L") a una carga vertical "F" y se mide la deflexión "Δy" que esta provoca (Figura 2.3).

A la relación F/Δy se la conoce como "rigidez del tubo" o "Pipe Stiffness" (PS) y se relaciona con SN a través de un coeficiente "ξ" de la siguiente manera:

$$\frac{F}{\Delta y} = PS = \frac{8 \cdot L}{\xi} \cdot SN$$

Por su parte, el coeficiente "ξ" depende del nivel de deformación Δy de la tubería, respecto del diámetro inicial D_i, a través de la siguiente relación (válida para materiales termoplásticos):

$$\xi = 0,0186 + 0,025 \frac{\Delta y}{D_i}$$

Como ya se mencionó, la tubería **NOVAFORT®** se presenta en varias opciones de rigidez: desde un mínimo SN = 4 kN/m² (SN4) hasta SN = 8 kN/m² (SN8), medidos de acuerdo con la Norma ISO 9969.

Este rango de rigideces es el más utilizado y recomendado por la bibliografía internacional para asegurar un comportamiento adecuado en las tuberías flexibles, aún en las condiciones más exigentes.

2.8. DISEÑO DE PARED

Como ya se mencionó, las paredes exteriores de las tuberías **NOVAFORT®** son del tipo "perfiladas", es decir con una geometría especial, diferente del espesor constante que presentan las tuberías de pared sólida.

2.8.1. ¿Por qué pared perfilada?

De acuerdo con lo detallado en el punto anterior, la rigidez anular SN de una tubería es directamente proporcional al momento de inercia (I) de la sección transversal de la pared de esta.

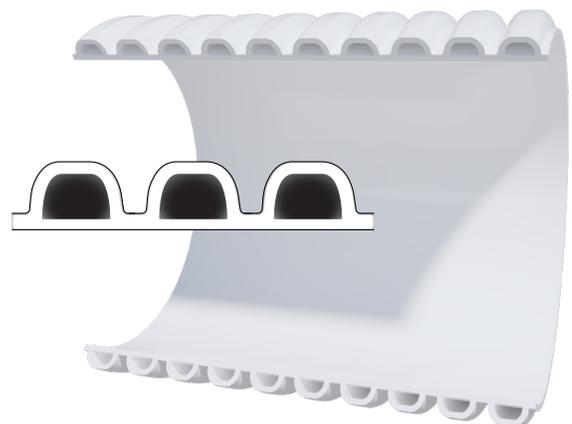


Figura 2.4. Diseño de la pared

Esto, en el caso de un tubo de pared compacta de espesor “e”, donde $I = e^3/12$, significa que aumentar la rigidez anular implica directamente aumentar el espesor de pared (y el peso) del tubo. En el caso de los tubos de pared perfilada, en cambio, el aumento del momento de inercia se obtiene a través de la geometría de la pared y no del espesor. De esta manera, se obtienen tubos muy livianos, con igual o mayor rigidez que sus equivalentes en pared compacta.

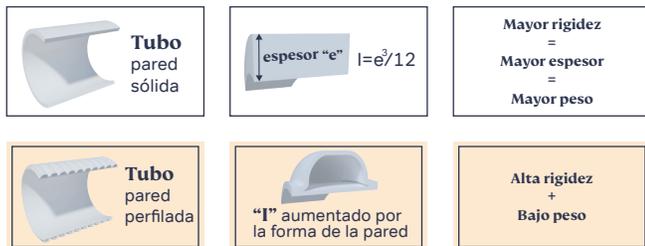


Figura 2.5. Pared lisa vs. perfilada

En la Tabla 2.1 puede verse una comparación de rigidez anular y peso de tubos de PVC-U de pared compacta (conforme a norma ISO 1401) versus tubos **NOVAFORT®** (conforme a norma ISO 21138).

NOVAFORT® (ISO 21138)	COMPACTO (ISO 1401)	DIFERENCIA	
		Rigidez anular	Peso
SN8	SN8	--	-40 %
SN4	SN2	+100 %	-30 %

Tabla 2.1. Comparación con tubo sólido

2.8.2. Diseño optimizado

Por otro lado, si bien es cierto que, para darle rigidez anular a la tubería, basta con un diseño del perfil de pared que aumente el momento de inercia, también es cierto que la tubería deberá tener un espesor mínimo que le aporte resistencia a otros esfuerzos además de los derivados de las cargas externas ovalizantes.

En función de esto, el diseño de pared de **NOVAFORT®**, además de otorgar la rigidez anular requerida, posee características especiales que contribuyen al excelente desempeño probado del

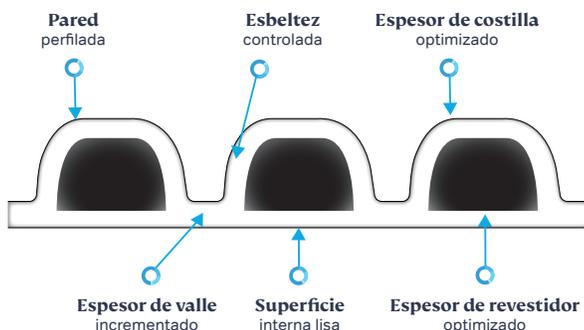


Figura 2.6. Diseño de pared

producto a través de todas las etapas de su recorrido (transporte, almacenamiento, instalación, operación y mantenimiento) a lo largo de su vida útil, como se explica a continuación.

2.8.2.1. Esbeltez controlada

El perfil de pared de **NOVAFORT®** es de tipo “compacto”, es decir que la relación entre los espesores de pared y la altura total del perfil conserva siempre un valor equilibrado. Esto le trae algunas ventajas al producto, en comparación con opciones de perfiles más “esbeltos” (sobre todo en el caso de grandes deflexiones):

- Alta estabilidad estructural del perfil (menor posibilidad de pandeo localizado).
- Menor valor de tensiones en las fibras exteriores del perfil y, por lo tanto, mayor coeficiente de seguridad frente a la resistencia del material.

2.8.2.2. Espesor de costilla optimizado

El diseño y espesor de la costilla exterior de la pared aporta una alta rigidez anular SN a la sección transversal de la tubería y, a la vez, una excelente resistencia al impacto y a esfuerzos puntuales externos.

Este espesor también contribuye a asegurar la estabilidad estructural del perfil de pared frente a deflexiones importantes en la sección transversal de la tubería.

2.8.2.3. Espesor de valle incrementado

El espesor incrementado en el valle (zona entre costillas) le aporta a la tubería también una buena rigidez en el sentido longitudinal, con lo que facilita la instalación y asegura pendientes longitudinales estables a lo largo de la conducción.

2.8.2.4. Espesor de revestidor optimizado

El espesor de revestidor de **NOVAFORT®** cumple con las normas más exigentes (EN 13476, ISO 21138) y garantiza, además de la rigidez anular especificada, la resistencia de la tubería frente a las diferentes situaciones que deberá soportar a lo largo de su vida útil:

- resistencia a la abrasión
- resistencia a los esfuerzos generados por la limpieza mecánica de la conducción
- resistencia a los esfuerzos generados por la limpieza a alta presión (hidrojet) de la conducción
- resistencia a los esfuerzos aplicados en la dirección longitudinal (esfuerzo durante el acople de tuberías, por ejemplo)
- resistencia al desgarramiento (en la conexión a cámaras, ante la presencia de suelos expansibles o frente a la posibilidad de asentamientos diferenciales)
- resistencia frente a cargas puntuales
- resistencia a las cargas de la instalación
- resistencia a una presión interna mínima, de acuerdo con regulación local.

Además, un espesor de revestidor adecuado también contribuye a asegurar la estanqueidad de las juntas en las conexiones domiciliarias realizadas a través de “silletas”.

2.8.2.5. Superficie interna lisa

El diseño de pared prevé una superficie interna totalmente lisa que garantiza el mismo nivel de rugosidad hidráulica que cualquier otra tubería lisa de PVC-U (coef. de Manning $n = 0,009$). Ver más detalle en 2.12.

2.9. COMPORTAMIENTO FLEXIBLE

Las tuberías se clasifican como “rígidas” o “flexibles” en función de la relación de rigidez que presentan con respecto a la rigidez del suelo de relleno de la zanja. En la Figura 2.7 podemos ver las diferencias de comportamiento en ambos casos.

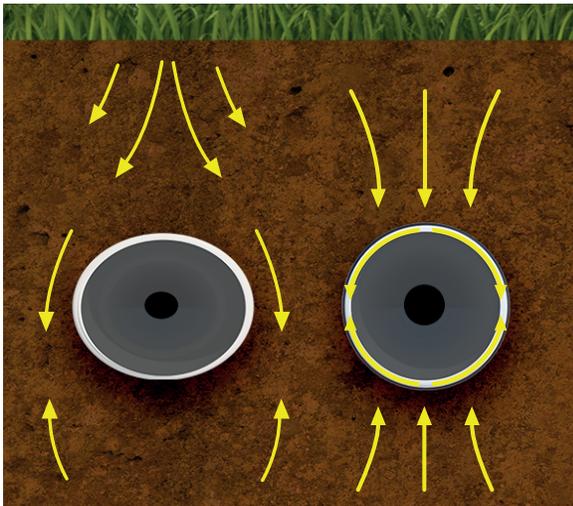


Figura 2.7. Tuberías rígidas y flexibles

Cuando la tubería es menos resistente que el suelo de relleno y se deforma ante la aplicación de una carga, se dice que es FLEXIBLE. En este caso, la tubería, al ovalizarse, ejerce presión sobre las paredes laterales del relleno, transmitiéndoles la carga y dando lugar a que estas sean las que, en definitiva, den la resistencia estructural al sistema.

En cambio, cuando la tubería es más resistente que el relleno de la zanja, se dice que es RÍGIDA y, en este caso, será ella la que soportará la mayor parte de la carga y la transmitirá en forma directa a la cama de asiento de la zanja.

Además, mientras que la capacidad de los tubos flexibles para moverse u ovalizarse bajo cargas sin presentar daño estructural permite ovalizaciones por norma de entre un 5 y un 12,5 % (según el material y tipo de junta), los tubos rígidos por lo general no podrán ovalizarse en más de un 2 % sin presentar sufrimiento estructural significativo, con la aparición de fisuras.

Con respecto a los requisitos para la instalación de ambos tipos de tuberías, y contrariamente a lo que suele considerarse en el mercado en cuanto a que “el tubo rígido no necesita de una instalación tan cuidada como el flexible”, es importante destacar que en los dos casos es fundamental la ejecución de un apoyo adecuado del tubo en el fondo de la zanja, así como la ejecución de un relleno de zanja adecuado, que le provea soporte y confinamiento. Mientras que, en el caso del tubo flexible, estos aspectos son importantes para asegurar la resistencia del conjunto tubo-zanja para resistir las cargas, en el caso del

tubo rígido esta contención es fundamental para minimizar movimientos y asentamientos diferenciales que puedan derivar en fisuras en sus paredes o pérdidas de estanqueidad en las juntas.

Las tuberías **NOVAFORT®** presentan comportamiento **FLEXIBLE** y, en consecuencia, las recomendaciones incluidas en el presente manual las trata como tales.

Brindan las siguientes ventajas frente a opciones de comportamiento rígido:

- Resisten las cargas en conjunto con el suelo de relleno de la zanja, deformándose y transfiriéndole los esfuerzos.
- Se pueden instalar a mayores profundidades.
- Pueden adaptarse a los movimientos del suelo sin fallas estructurales ni fisuras.
- Su deflexión está gobernada por el asentamiento del suelo. Una vez ocurrido, el tráfico y otras cargas no afectan la tubería.
- Son muy indulgentes. Incluso en caso de mala instalación, no se producirán roturas gracias a la alta capacidad de deformación del material.
- Dan una “advertencia” cuando están mal instaladas (las deformaciones excesivas aparecen instantáneamente y le dan al contratista la oportunidad de corregir mientras trabaja en el sitio). Las tuberías rígidas como el concreto, por el contrario, cuando están mal instaladas no presentan ningún problema visible, sino que se generan fisuras internas y terminan fallando más tarde en el tiempo. ¡FLEXIBILIDAD = SEGURIDAD!

2.10. RESISTENCIA ESTRUCTURAL A LARGO PLAZO

Una propiedad muy importante de la tubería **NOVAFORT®** es cómo se comporta frente al fenómeno conocido como “creep” o “deformación por fluencia lenta” en comparación con otros materiales plásticos.

En efecto, el fenómeno de creep afecta a los materiales cuando son sometidos a esfuerzos sostenidos en el tiempo que generan deformaciones cada vez mayores aún cuando el valor de la carga no aumente, sino que simplemente se mantiene constante en el tiempo.

Ahora, como puede verse en la Figura 2.8, frente a cargas de larga duración en el tiempo, el módulo de creep “E” se reduce

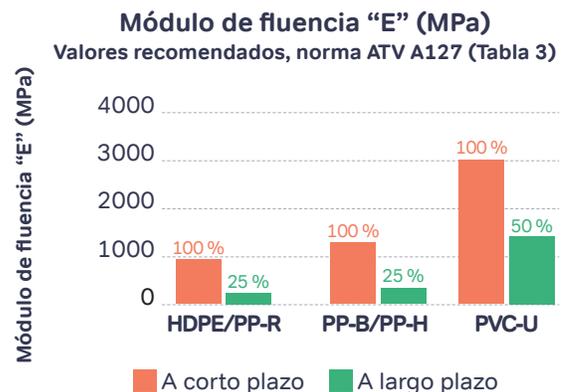


Figura 2.8. Efecto de creep

bastante menos en el caso del PVC-U, en comparación con los materiales pertenecientes al grupo de las poliolefinas, lo cual se traduce directamente en una menor disminución relativa de la rigidez anular de la tubería en el largo plazo (tal como vimos en el punto 2.7, la rigidez SN es directamente proporcional al valor de “E”). En definitiva, frente a las cargas sostenidas en el tiempo, la tubería **NOVAFORT®** responde a largo plazo con una mayor rigidez anular que sus equivalentes en otros materiales termoplásticos. Aquí es muy importante aclarar que, como veremos en el ítem 5, en la mayoría de los casos, si una tubería es correctamente instalada en la zanja (con un adecuado confinamiento del suelo circundante), no debería quedar sujeta a cargas de largo plazo (ya que las cargas verticales serían trasladadas al suelo) y, por lo tanto, el parámetro que definirá su resistencia será la rigidez anular de corto plazo (SN), además de la calidad y el grado de compactación del suelo de la zanja.

Sin embargo, hay algunos casos en los que la tubería sí podrá quedar sometida a esfuerzos de forma prolongada en el tiempo (y, por lo tanto, su resistencia estructural deberá evaluarse a través de su rigidez anular de largo plazo). Estos son:

- Cuando la tubería queda sumergida por debajo del nivel freático. En este caso, el agua ejercerá una presión hidrostática que actúa en forma radial directamente sobre la sección de la tubería (de afuera hacia adentro) de forma sostenida en el tiempo.
- Cuando, por deficiencias en la instalación (con un nivel de compactación deficiente del suelo de relleno), la tubería no pueda transferir las cargas al suelo y quede sometida a esfuerzos en el largo plazo.

En la sección relativa al “Cálculo estructural” se detalla cómo tener en cuenta estas situaciones a la hora de seleccionar la tubería más adecuada para una obra particular.



Figura 2.9. Rigidez longitudinal

2.11. RIGIDEZ LONGITUDINAL

Los tubos **NOVAFORT®** no solo tienen una alta rigidez anular, sino que, como ya se mencionó, también poseen una importante rigidez longitudinal, lo que facilita las tareas de manipulación e instalación y garantiza pendientes longitudinales uniformes, acordes a las especificaciones del proyecto.

2.12. RUGOSIDAD HIDRÁULICA

Debido a que la tubería **NOVAFORT®** tiene paredes internas lisas, su rugosidad hidráulica no difiere de la rugosidad de las tuberías convencionales de PVC-U de pared compacta, es decir que presentan coeficientes de Manning “n” del orden de 0,009.

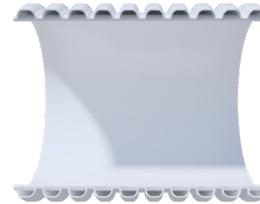


Figura 2.10. Superficie interna lisa

Esto pudo ser comprobado mediante un estudio sobre el comportamiento hidráulico y la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning de las tuberías **NOVAFORT®** que fue desarrollado por el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, en Colombia.

El estudio consistió en la modelación del perfil de flujo en tubos **NOVAFORT®**, a partir del montaje de un modelo físico a escala real para simular el comportamiento hidráulico bajo la condición de flujo en tuberías parcialmente llenas.

De este modelo, entonces, se obtuvieron datos experimentales acerca de la altura de la lámina de agua en diferentes secciones de la tubería para diferentes combinaciones de caudal y pendiente. Estos datos luego fueron valorados por un modelo matemático de análisis de flujo para la condición mencionada aplicando las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento, energía, flujo gradualmente variado (FGV) y las leyes de fricción.

El análisis permitió establecer el desempeño de la tubería bajo diferentes condiciones de caudal y pendiente y determinar su coeficiente de rugosidad de Manning, que arrojó un valor de $n = 0,0086$. **A efectos prácticos, entonces, en el caso de tubos NOVAFORT® para el cálculo hidráulico se podrá tomar $n = 0,009$ y quedar dentro de lo seguro.**

2.13. RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS

Por tratarse de tuberías de PVC-U, sin el agregado de ningún otro compuesto o componente, la resistencia a productos químicos de las tuberías **NOVAFORT®** no difiere de la resistencia de tuberías de PVC-U de pared compacta.

En el ANEXO II se incluye la tabla con el detalle de compuestos químicos que el material resiste sin inconvenientes.

2.14. ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS

La tubería **NOVAFORT®** es complementada por una gama completa de accesorios que permite la conformación de sistemas integrales.

También están disponibles accesorios de adaptación para su unión con sistemas de otras tecnologías y cuplas deslizantes para facilitar el proceso de reemplazo de tramos una vez instalada la tubería.

En el ANEXO III se puede encontrar el catálogo de productos del sistema.

3. CÁLCULO HIDRÁULICO

3.1. CÁLCULO DEL CAUDAL

Para el cálculo hidráulico de tuberías con escurrimiento a superficie libre se puede utilizar la fórmula de Chezy-Manning, es decir:

$$Q = \frac{\Omega}{n} R^{2/3} \sqrt{i}$$

Donde:

- **Q:** caudal transportado, en m³/s
- **Ω:** área mojada, en m²
- **R:** radio medio hidráulico, en m
- **i:** pendiente longitudinal de instalación de la tubería, en m/m
- **n:** coeficiente de rugosidad de Manning

Adicionalmente, el radio medio hidráulico se define como la relación entre el área mojada “Ω” y el perímetro mojado “χ”, es decir:

$$R = \frac{\Omega}{\chi}$$

Para el caso de la sección de la tubería parcialmente llena, de la Figura 3.1 se puede deducir, geoméricamente, que:

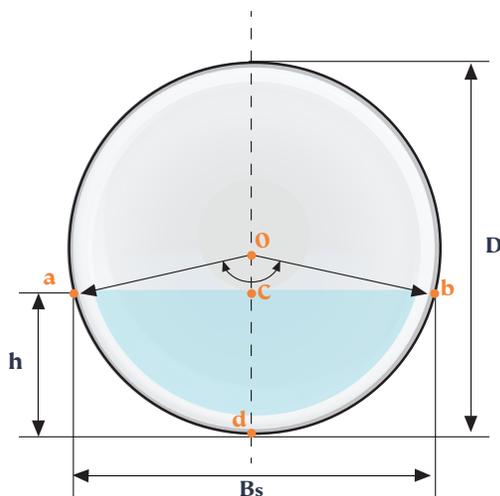


Figura 3.1. Sección parcialmente llena

$$\chi = \frac{D \cdot \theta}{2} \quad \text{y} \quad \Omega = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta)$$

Por lo tanto, reemplazando en la fórmula de Chezy Manning, nos queda:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \left[\frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta) \right] \left[\frac{D}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right) \right]^{2/3}$$

(Ec.1)

Siendo:

$$\theta = 2 \cdot \arccos \left(1 - 2 \frac{h}{D} \right)$$

(Ec.2)

En función de lo anterior, se sugiere seguir el siguiente procedimiento de cálculo para determinar el diámetro de la tubería **NOVAFORT®** (método de prueba y error):

- I. Determinar el caudal de diseño requerido “Qreq” (generalmente en base a estudios poblacionales).
- II. Determinar la pendiente de instalación de la tubería “i” (en base a la topografía en la traza de la conducción).
- III. Determinar la relación tirante/diámetro (h/D) a adoptar.
- IV. Determinar el ángulo “θ” a partir de la relación h/D, utilizando la (Ec.2).
- V. Elegir un diámetro “D” (diámetro interior) del catálogo de tuberías **NOVAFORT®** y calcular “Q” con la (Ec.1).
- VI. Si Q < Qreq, seleccionar el diámetro “D” inmediato superior y volver a calcular “Q”, y así sucesivamente hasta encontrar el diámetro que cumpla con que Q > Qreq.

3.2. VERIFICACIÓN DE ARRASTRE DE PARTÍCULAS

En el caso del cálculo hidráulico de fluidos con sólidos en suspensión, al cálculo hidráulico suele agregarse la verificación del escurrimiento en cuanto a su capacidad de arrastre de partículas. Esto significa asegurar que las velocidades del fluido dentro de la conducción serán suficientes para lograr el arrastre de las partículas sólidas, de un tamaño mínimo prefijado.

Para verificar esta condición, existen en el mercado dos metodologías o criterios:

- criterio del esfuerzo tractivo
- criterio de la velocidad de autolimpieza

3.2.1. Criterio del esfuerzo tractivo

Este criterio involucra el cálculo de lo que se conoce como “esfuerzo tractivo (τ)”, que es el esfuerzo cortante mínimo que deberá generarse entre el fluido y las partículas para que estas sean arrastradas por el líquido y no sedimenten dentro de la conducción.

Para el orden de magnitud de las pendientes (bajas) de instalación de tubos que suelen adoptarse en proyectos de alcantarillado convencionales y en condiciones de escurrimiento bajo régimen uniforme se tiene que:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot i$$

Donde:

- τ es el “esfuerzo tractivo”, en kg/m^2 o N/m^2
- γ es el peso específico del agua, en kg/m^3
- R es el “radio medio hidráulico” (“sección mojada” dividida por el “perímetro mojado”), en metros
- i es la pendiente de la “solera del canal” (o “invertido” de la tubería si es una conducción cloacal), en m/m

Reemplazando el valor de “ R ”, la fórmula queda:

$$\tau = \frac{D \cdot \gamma \cdot i}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)$$

(Ec.3)

Un criterio muy utilizado aquí es el de considerar que para el “caudal máximo del día de menor consumo del 1.º año de la instalación” (Q_{L0}) el esfuerzo tractivo debe ser $\tau_0 \geq 0,10 \text{ kg/m}^2$.



En función de lo anterior, una vez seleccionado el diámetro mediante el procedimiento recomendado en el ítem anterior, deben seguirse los siguientes pasos:

- Determinar/adaptar Q_{L0} , en función de los datos de la población a abastecer.
- Determinar el valor de “ θ ” utilizando la Ec.2, a partir de los valores de “ i ”, “ n ” y “ D ” utilizados en el ítem anterior y ahora para el valor Q_{L0} . Como es difícil despejar el valor de “ θ ” en la ecuación, se sugiere utilizar el método de prueba y error, proponiendo diferentes valores de “ θ ” hasta obtener el valor $Q \approx Q_{L0}$.
- Calcular el valor de “ τ_0 ” utilizando la Ec.3.
- Verificar que se cumpla que $\tau_0 \geq 0,10 \text{ kg/m}^2$.

3.2.2. Criterio de la velocidad de autolimpieza

Este criterio consiste en el cálculo de la velocidad mínima que será necesaria para arrastrar partículas de diámetro “ \emptyset ” o inferior dentro de la conducción.

En general, se considera que, si la velocidad del fluido a sección llena ($h/D = 1$) supera los 0,6 m/s, se asegurará el arrastre a la mayoría de las partículas presentes en él.

Es decir:

$$U_{LL} \geq 0.6 \text{ m/s}$$



4. CÁLCULO ESTRUCTURAL

Una vez determinado el diámetro, para completar la selección de la tubería se deberá determinar la rigidez anular requerida, de manera que resista a todos los esfuerzos a los que será sometida a lo largo de la vida útil de la conducción.

Para ello será necesario analizar los esfuerzos que actuarán sobre la tubería, valorizarlos y realizar la verificación estructural del conjunto tubo-zanja.

Ya que **NOVAFORT®** es una tubería de comportamiento flexible, en el presente manual se seguirán las recomendaciones generales dadas por la American Water Works Association (AWWA) para este tipo de tuberías, según las cuales la verificación estructural implica al menos el análisis de los siguientes dos aspectos:

A. Verificación de la deflexión anular: verificar que la disminución porcentual del diámetro vertical (respecto al diámetro vertical inicial) de la tubería a lo largo de la vida útil de la conducción no sea superior al valor determinado por la normativa o especificación local.

B. Verificación del pandeo: verificar que la sección transversal de la tubería no va a fallar por forma (aparición de grandes abolladuras o de la típica sección en forma de “corazón”).

En resumen, los pasos a seguir en la verificación estructural de un tubo son los siguientes:

- I. Determinar el diseño de la zanja en la que será instalada la tubería.
- II. Calcular los esfuerzos que actuarán sobre la tubería.
- III. Preseleccionar una rigidez anular para la tubería.
- IV. Verificar estructuralmente dicha tubería (verificaciones A y B).

Si las verificaciones resultan satisfactorias, se termina el proceso. Caso contrario, deberán hacerse iteraciones del procedimiento anterior, modificando las diferentes variables intervinientes (rigidez anular de la tubería, rigidez del suelo, ancho de zanja, etc.) hasta encontrar la combinación que satisfaga todos los requisitos al menor costo posible.

Es importante aclarar que la metodología y criterios expuestos en el presente capítulo no son exclusivos para las tuberías **NOVAFORT®**, sino que son válidas para cualquier tubería flexible.

4.1. DISEÑO DE ZANJA

En la Figura 4.1 puede verse un diseño típico de zanja para una tubería flexible, como es la tubería **NOVAFORT®**.

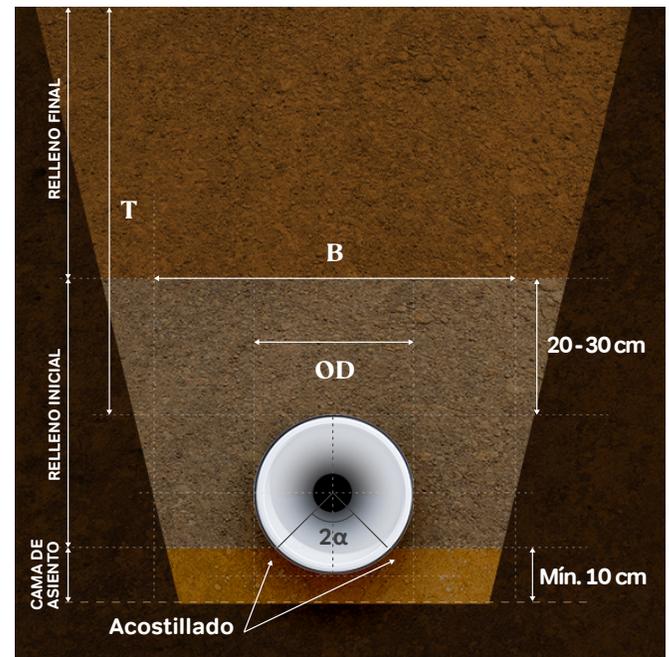


Figura 4.1. Diseño de zanja

4.1.1. Ancho de zanja

El ancho de zanja (B) se mide a la altura de la línea media de la tubería y será el especificado por el ingeniero de proyecto, pero nunca deberá ser menor a los valores mínimos recomendados para garantizar que el área de trabajo sea segura y adecuada para compactar el relleno de contención, el acostillado y otros materiales de recubrimiento de la zanja.

El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio para permitir el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería.

En función de lo anterior, se recomienda que el ancho de zanja cumpla simultáneamente con lo siguiente:

a) El espacio entre el tubo y la pared de la zanja no debe ser menor que el ancho del equipo de compactación (A) más 150 mm, es decir: $B \geq OD + A + 300 \text{ mm}$

b) El ancho en la parte inferior de la zanja (apoyo del tubo) debe ser, como mínimo, 1,25 veces el diámetro exterior de la tubería más 300 mm. $B \geq 1,25 \text{ OD} + 300 \text{ mm}$

4.1.2. Tapada

La tapada (T) es la distancia entre la superficie del terreno natural y el lomo o extradós del tubo.

Las tapadas máximas y mínimas que podrá soportar una determinada tubería dependerán de su rigidez anular y de las condiciones de instalación (características del suelo natural, tipo y grado de compactación del suelo de relleno, profundidad del nivel freático, etc.), lo cual debe ser verificado a través del cálculo estructural del conjunto tubo-zanja.

En caso de no poder realizarse dichos cálculos, se recomiendan los siguientes valores mínimos:

A) Instalaciones con tránsito vehicular pesado:

$$T \geq 0,80 \text{ m}$$

B) Caso sin tránsito vehicular:

$$T \geq 0,40 \text{ m para temperaturas normales}$$

$$T \geq 0,60 \text{ m para temperaturas menores a los } 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(por debajo de la línea de congelación del suelo)

4.1.3. Cama de asiento / ángulo de apoyo

La cama de asiento consiste en una capa de material granular (grava, arena) compactado que se coloca en el fondo de la zanja. Su función es proveer una superficie de apoyo al tubo, evitando la generación de tensiones localizadas sobre él y evitando

asentamientos diferenciales de relevancia a lo largo de su recorrido.

En lo que respecta a la verificación estructural de la tubería, el espesor de la cama de asiento determinará el "ángulo de apoyo α ", que es el ángulo que forma, respecto del eje central de la tubería, el segmento de círculo sobre el cual se producirá la distribución de carga de la reacción del suelo en el apoyo.

4.1.4. Relleno inicial

El soporte brindado por el suelo de la cama de asiento y el relleno inicial (o relleno de contención) son claves en el desempeño del paquete estructural tubo-zanja.

Por lo tanto, lograr una alta compactación en esta parte de la zanja resultará fundamental.

Para lograr la contención requerida, se deberá primero seleccionar el tipo de material a utilizar para conformar esta parte de la zanja y luego definir el grado necesario de compactación (en % de densidad Proctor normal).

Obviamente, la primera alternativa a considerar será utilizar el mismo suelo que se excavó para hacer la zanja. Sin embargo, debido a las características de algunos suelos, esto no siempre es posible. En la Tabla 4.1 se detallan las diferentes clases de suelos que suelen utilizarse para el relleno de zanjas de tuberías enterradas. Por otro lado, en la Tabla 4.2 puede encontrarse la clasificación universal de suelos, donde se detallan las características que corresponden a cada uno según el símbolo asignado.

Clase de suelo			Descripción	Clasificación universal a)	% pasando tamiz n.º 200
ASTM	AWWA	AASHTO			
I	SC1	--	Piedra partida, con menos del 15 % de arena y un máximo del 25 % que pasa el tamiz de 3/8"	--	≤ 5 %
II	SC2	A1 A3	Suelos de grano grueso, limpios	GW, GP, SW, SP o cualquier clasificación que comience con estos símbolos	≤ 12 %
III	A	A-2-4	Suelo de grano grueso, con finos	GM, GC, SM, SC o cualquier clasificación que comience con estos símbolos	> 12 % y ≤ 30 %
	B	A-2-5 A-2-6 A-4 b)	Suelo de grano grueso, con finos	GM, GC, SM, SC o cualquier clasificación que comience con estos símbolos	> 30 % y ≤ 50 %
	C	A-6 b)	Suelos de grano fino arenosos o gravosos	CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) o cualquier clasificación que comience con estos símbolos	> 50 % y ≤ 70 %
IV		A-2-7 A-4 b) A-6 b)	Suelos de grano fino	CL, ML (o CL-ML, CL/ML, ML/CL) o cualquier clasificación que comience con estos símbolos	> 70 %
V c)		A5 A7	Suelos altamente plásticos y suelos orgánicos	MH, CH, OL, OH, PT	> 70 %

a) En la tabla 4.2 se establecen las características de los suelos establecidos en la clasificación universal de suelos y el nombre del grupo de acuerdo al símbolo del suelo.

b) Para las clases A-4 y A-6 se considera el pasaje de tamiz n.º 200.

c) Suelo no apto para su uso como relleno de confinamiento de tuberías*

Tabla 4.1. Tipos de suelos

Criterios para asignar símbolos de grupos y nombres de los grupos utilizando ensayos de laboratorio basados en el material que pasa malla de 75 mm				Clasificación del suelo	
				Símbolo del grupo	Nombre del grupo
Suelos de grano grueso Más del 50 % retenido sobre malla n.º 200	Gravas Más de 50 % de la fracción de gruesos retenida sobre la malla n.º 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GW	Grava bien graduada
		Menos de 5 % de finos	$C_u < 4$ y $1 > C_c > 3$	GP	Grava pobremente graduada
		Gravas con más de 12 % de finos	Finos clasificados como ML o MH	GM	Grava limosa
			Finos clasificados como CL o CH	GC	Grava arcillosa
	Arenas 50 % o más de la fracción de gruesos que pasa sobre malla n.º 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	SW	Arena bien graduada
		Menos de 5 % de finos	$C_u < 6$ y $1 > C_c > 3$	SP	Arena pobremente graduada
Arena con finos Más que 12 % de finos		Finos clasificados como ML o MH	SM	Arena limosa	
		Finos clasificados como CL o CH	SC	Arena arcillosa	
Suelos de grano fino 50 % o más pasan la malla n.º 200	Limosos y arcillosos. Límite líquido 50 o más	Inorgánico	PI > 7 y terreno debajo de la línea A	CL	Arcilla fina
			PI < 4 y terreno debajo de la línea A	ML	Limo
		Orgánico	Límite líquido-seco < 0,75	OL	Arcilla orgánica
			Límite líquido- no seco < 0,75		Limo orgánico
	Limosos y arcillosos. Límite líquido 50 o más	Inorgánico	PI terrenos en o sobre la línea A	CH	Arcilla gruesa
			Terreno debajo de la línea A	HM	Limo elástico
		Orgánico	Límite líquido-seco < 0,75	OH	Arcilla orgánica
			Límite líquido-no seco < 0,75		Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Primariamente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico			PT	Turba

Tabla 4.2. Clasificación universal de suelos

Cuanto menor es el número de clase del suelo, mayor es su rigidez y menor es el esfuerzo de compactación requerido para obtener un buen confinamiento de la tubería. A continuación, se detallan las características generales de cada uno.

4.1.4.1. Material clase I de ASTM

Los materiales clasificados por las normas ASTM como “clase I” proveen la máxima estabilidad y contención de las tuberías, debido a la trabazón que se produce entre las partículas. Estos materiales posibilitan rellenos de alta rigidez, a la vez que requieren poco esfuerzo en la instalación (prácticamente no necesitan compactación), independientemente del contenido de humedad. Además, la alta permeabilidad de estos materiales puede ayudar en el control del agua en la zanja, por lo que son

muy adecuados para la conformación de capas drenantes y subdrenajes en cortes de roca. Sin embargo, se deberá tener cuidado con este material en el caso de tuberías de pared muy delgada, por los efectos punzantes que puedan tener los bordes angulosos de sus partículas.

4.1.4.2. Material clase II de ASTM

Los materiales de clase II, por lo general, consisten en partículas redondeadas y son menos rígidos que los materiales angulares, pero proveen un excelente confinamiento de las tuberías flexibles con poco esfuerzo de compactación y sin provocar esfuerzos puntuales sobre la pared. Bien colocado, este tipo de material constituye la opción preferida para la instalación de tuberías flexibles, especialmente en el caso de tubos de pared perfilada.

4.1.4.3. Material clase III de ASTM

Los materiales de clase III proveen menor soporte para la tubería, para una dada densidad, que los de clase I y II, aunque pueden proveer un nivel de soporte razonable si se los lleva a la densidad apropiada. Sin embargo, si el contenido de humedad en la zanja no se controla adecuadamente, para lograr la densidad especificada estos materiales requieren de altos niveles de esfuerzos de compactación.

4.1.4.4. Material clase IV de ASTM

Los materiales de clase IV requieren de una evaluación geotécnica antes de su utilización. Si son correctamente colocados y compactados, estos materiales pueden llegar a proveer un nivel de soporte razonable a la tubería, aunque la complejidad de la instalación para lograrlo a veces puede elevar demasiado los costos o retrasar el avance de obra.

En el caso de que se decida su utilización, se deberá cuidar que el contenido de humedad se mantenga siempre cercano al óptimo durante todo el proceso de colocación y compactación, de manera de poder lograr la densidad especificada con el mínimo esfuerzo de compactación posible.

Estos materiales no son recomendables para grandes tapadas, bajo cargas de tránsito vehicular o bajo compactadores vibratorios pesados. Tampoco podrán utilizarse cuando las condiciones del agua en la zanja puedan causar inestabilidad y resultar en un contenido de agua descontrolado.

4.1.4.5. Material clase V de ASTM

Este tipo de material directamente no es recomendable para su utilización como relleno de contención.

4.1.4.6. Recomendaciones

En general, los suelos más recomendados para conformar el relleno de contención son de tipo granular, dentro de las clases I y II según la norma ASTM. Esto se debe a la alta rigidez que adquieren con esfuerzos mínimos de compactación y a que son muy poco sensibles al contenido de humedad. Además, los suelos granulares compactados tienen muy poca tendencia a efectos de creep o de consolidación con el tiempo.

En cambio, cuando se utilizan suelos de granulometría más fina, por lo general se reduce la capacidad de soporte de la tubería.

Los suelos granulares con más de un 12 % de partículas de menos de 75 micrones (clases SC3, SC4) son afectados significativamente por las características del material fino.

Si los finos son mayormente limos, el suelo es sensible a la humedad, tiene una tendencia a ser transportado por el escurrimiento de agua y requiere un esfuerzo adicional para su compactación.

Si los finos son mayormente arcillas, el suelo es aún más sensible a la humedad (lo que reduce su rigidez) y sufrirá efectos de creep en el tiempo. En estos casos, una buena recomendación es limitar el uso de estos suelos a aquellos que presenten un límite líquido (LL) inferior al 50 %, con lo que se eliminarán los suelos plásticos y altamente sensibles al contenido de humedad. De todas maneras, el uso de este tipo de suelo como relleno de contención solo podrá ser viable en los casos en los que tanto el tubo como la instalación hayan sido expresamente diseñados para este material. En caso contrario, se deberá evitar su uso.

Asimismo, en la Tabla 4.3 pueden verse los valores mínimos de densidad Proctor requerida, según el tipo de suelo, así como el esfuerzo y los equipos de compactación que serán necesarios para alcanzarla en cada caso.

	Clase de suelo (ASTM)			
	I	II	III	IV
Densidad Proctor mínima requerida, PSD min	85 %	85 %	90 %	95 %
Esfuerzo de compactación necesario para alcanzar la densidad Proctor mínima requerida	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Métodos de compactación	Vibración, varillado o impacto	Vibración o impacto	Impacto	Impacto

Tabla 4.3. Densidad Proctor mínima requerida para cada tipo de suelo

4.1.5. Relleno final

El relleno final deberá colocarse de acuerdo con el diseño y especificaciones del proyecto. Su finalidad es la de tapar la zanja hasta el nivel del terreno natural con una compacidad adecuada que le dé rigidez suficiente para poder soportar las cargas que se presenten en superficie sin generar grandes deformaciones (sobre todo cuando hay tránsito vehicular).

utilizarse el mismo material que se excavó de la zanja. La única excepción está dada en el caso de tapadas muy bajas con tránsito vehicular, donde hará falta un relleno final muy rígido y compacto que distribuya la carga y minimice el esfuerzo que soportará la tubería (en casos extremos, puede requerirse, inclusive, la ejecución de losas de concreto).

A los fines de la deformación de la tubería, las características de este relleno influyen poco y, por eso, para conformarlo suele

4.2. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS QUE ACTÚAN SOBRE LA TUBERÍA

Toda tubería flexible que sea instalada enterrada en zanja podrá quedar sometida a algunos o todos de los siguientes esfuerzos a lo largo de su vida útil (Figura 4.2):

- **Peso del suelo de relleno** de la zanja por encima del tubo (P_E).
- **Carga dinámica** generada por el tránsito vehicular (en caso de existir) que llega a la tubería (P_L).
- **Presión externa (P_w)** generada por el agua de la napa freática (en caso de que el nivel esté por encima de la tubería).
- **Presión interna (P_i)** de trabajo (en el caso de conducciones a presión).
- **Sobrepresiones internas (Δp)** por fenómenos transitorios (golpe de ariete), también en el caso de conducciones a presión.

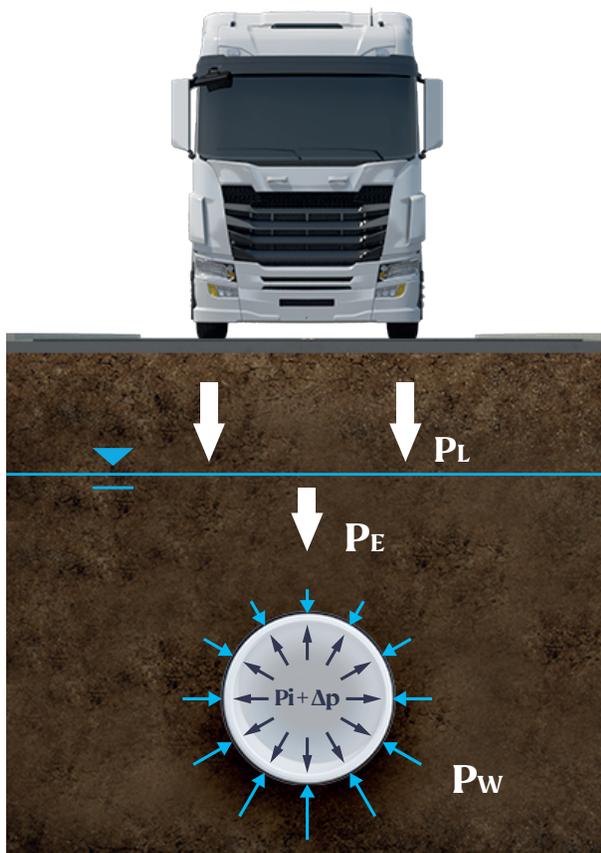


Figura 4.2. Esfuerzos sobre una tubería enterrada en zanja

De estas cargas, las dos primeras (peso del relleno y cargas de tránsito) tenderán a generar una ovalización vertical del tubo. La tercera (presión externa de agua de napa) tenderá a ejercer una compresión sobre todo el perímetro del tubo que podría ocasionar abolladuras por efectos de “pandeo”. Por último, en el caso de la presión interna de trabajo y de las sobrepresiones por fenómenos transitorios, cuando son presiones positivas tenderán a “inflar” la

sección de la tubería (generando tensiones de tracción pura en las paredes), mientras que, si son negativas, ejercerán un efecto de succión que podrá derivar también en fenómenos de pandeo.

4.2.1. Carga del relleno de la zanja

La metodología tradicional utiliza las fórmulas de Marston para el cálculo del peso del relleno de la zanja sobre la tubería. De acuerdo a esta teoría, dada la forma de operar de las tuberías flexibles (produciendo una deflexión primaria para entrar en contacto con las paredes del relleno), se genera un efecto de arco en el suelo por encima de ellas que “alivia” el peso que este suelo en definitiva descargará sobre ellas.

Sin embargo, la magnitud de este efecto de arco a veces resulta muy difícil de estimar, por lo que muchas normas y manuales, entre los que se encuentran los correspondientes a AWWA, simplifican el tema, se quedan del lado de la seguridad y calculan el peso del relleno por encima del tubo al 100 %, es decir sin ningún efecto de arco (Figura 4.3).

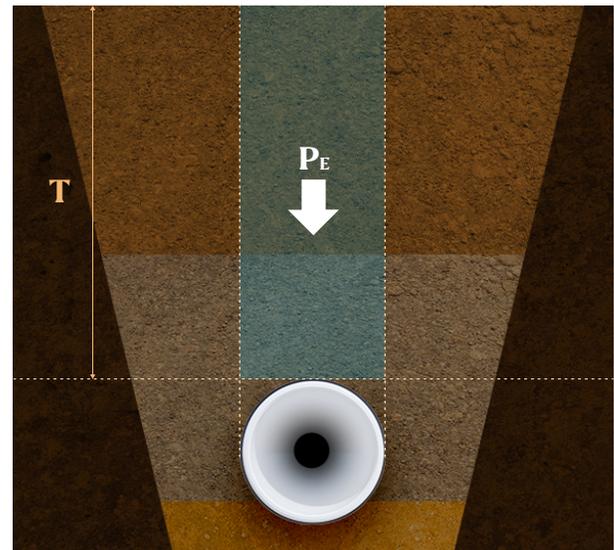


Figura 4.3. Esfuerzos por carga del relleno

En este sentido, entonces, el peso que ejercerá el suelo de relleno de la zanja colocado sobre la tubería se asume directamente como el peso del prisma de suelo por encima de ella, hasta el nivel del terreno.

Por lo tanto, la carga del relleno, por unidad de ancho, para cada sección transversal de la zanja, será:

$$P_E = \gamma_s \cdot T$$

Donde:

P_E : carga del relleno, por unidad de ancho, en kPa

γ_s : peso específico del suelo del relleno por encima de la tubería, en kg/m^3

T : tapada, en metros.

Es de destacar que esta simplificación se recomienda para niveles de tapada estándar (entre 0 y 5 metros aproximadamente), ya que para profundidades de instalación mayores el método se hace demasiado conservador y entonces sí se recomienda utilizar la metodología de Marston (consultar bibliografía específica).

4.2.2. Cargas de tránsito

En función de la teoría de Boussinesq, una carga P a nivel del terreno será transmitida a través del suelo, distribuyéndose sobre una superficie con un determinado ángulo “ θ ”. Por lo tanto, al llegar a una profundidad “ T ”, la magnitud de la carga se habrá reducido a un valor $P_L = P/A$, siendo A un área que dependerá del ángulo θ y del valor de la profundidad (Figura 4.4).

De acuerdo a esto, entonces, puede asumirse que la magnitud de las cargas de tránsito que fehacientemente llegan a la tubería estará disminuida en función del valor de la tapada (T). Esta reducción en la magnitud de las cargas será aún mayor en caso de interponer una superficie rígida entre la carga y la tubería (por ejemplo un pavimento de concreto), que aumentará aún más el ángulo θ .

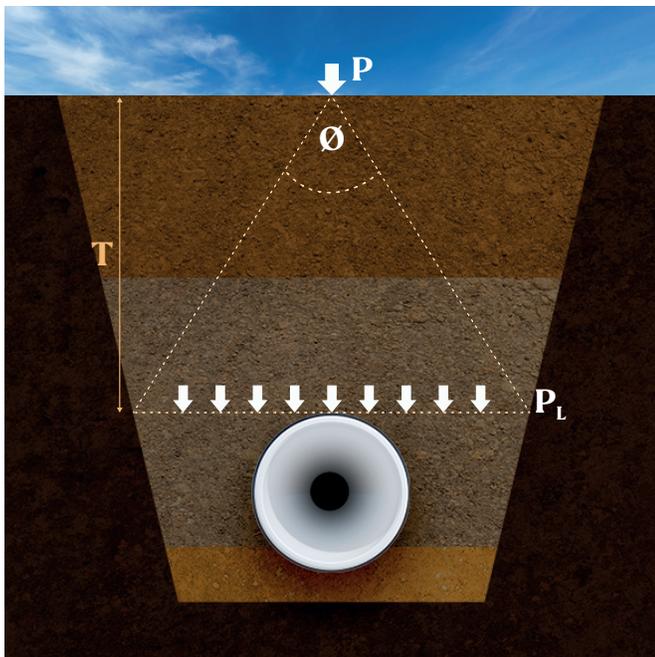


Figura 4.4. Esfuerzos por carga de tránsito

Para simplificar los cálculos, los manuales AWWA brindan directamente, en base a experiencias realizadas para vehículos estándar, tablas con las cargas que efectivamente actuarán sobre la tubería para distintas profundidades de instalación. A continuación se dan los ejemplos más comunes.

Camión AASHTO H-20 / pavimento rígido

Para el caso de considerar la circulación de un camión estándar AASHTO H-20 sobre una carretera con pavimento rígido, se establecen las cargas P_L dadas en la Tabla 4.4.

Tapada m	P_L Kpa
0,45	64,99
0,60	37,52
0,90	28,14
1,20	18,76
1,50	11,39
1,80	9,38
2,10	8,04
2,40	4,69

Tabla 4.4. Carga de tránsito para camión AASHTO H20 con pavimento rígido

Los valores expresados en esta tabla fueron desarrollados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y son los dados por la norma ASTM A796. Para este tipo de vehículo se asume una carga por rueda (W_{LH20}) de unas 7,2 toneladas (con un área de contacto de 25x50 cm) aplicada a través de un pavimento rígido de 30 cm de espesor.

Camión AASHTO H-20 / pavimento flexible o sin pavimento

Para el caso de considerar la circulación de un camión estándar AASHTO H-20 sobre una carretera con pavimento flexible o sin pavimento, se establecen las cargas P_L de la carga de tránsito para camión AASHTO H20 con pavimento flexible o sin pavimento en la Tabla 4.5.

Tapada m	P_L Kpa
0,45	93,13
0,60	63,65
0,75	46,9
0,90	36,18
1,05	28,81
1,20	24,12
1,80	13,4
2,40	8,71
3,00	5,36

Tabla 4.5. Carga de tránsito para camión AASHTO H20 con pavimento flexible o sin pavimento

Ferrocarril Cooper E-80

Para el caso de que la tubería se instale por debajo de una vía férrea, por la cual circularán ferrocarriles del tipo COOPER E-80, se establecen las cargas P_L de la Tabla 4.6.

Tapada m	P_L Kpa
0,75	129,31
0,90	123,28
1,20	112,56
1,50	101,17
1,80	89,78
2,10	79,73
2,40	71,02
2,70	63,65
3,00	56,28
6,00	22,11

Tabla 4.6. Carga tránsito FFCC COOPER E-80

Otros vehículos

En el caso de considerar camiones similares al estándar AASHTO H20 (es decir, con la misma distribución de ejes y la misma área de contacto en las ruedas), pero con cargas por rueda superiores o inferiores, los manuales AWWA establecen que se podrá considerar la siguiente relación:

$$P_L = c \cdot P_{L,H20}$$

Donde $P_{L,H20}$ es la presión dada en la Tabla 4.4 (para pavimento rígido) o en la Tabla 4.5 (para pavimento flexible o sin pavimento), según corresponda, y "c" es un coeficiente que depende de la relación de la carga por rueda del vehículo en cuestión W_L con respecto a la del AASHTO H20 ($W_{L,H20}$):

$$c = \frac{W_L}{W_{L,H20}} = \frac{W_L}{7,2 \text{ tons}}$$

En el caso de considerar la circulación de otro tipo de vehículos, con área de contacto en las ruedas diferente del AASHTO H20, fuera de carretera (sin pavimento), los manuales AWWA recomiendan el uso de la ecuación de Timeoshenko para calcular la presión de suelo directamente por debajo de una carga P concentrada que actúa sobre un área de contacto determinada A_c :

$$P_L = 0,0098 \frac{I_f \cdot P}{A} \left(1 - \frac{T^3}{(R^2 + T^2)^{1,5}} \right)$$

Donde:

- P_L : tensión vertical que actúa sobre el lomo de la tubería (kPa)
- I_f : factor de impacto
- P : carga por rueda (kg)
- A_c : área de contacto (m^2)
- T : tapada (m)
- R : radio Equivalente (m); siendo $R = \sqrt{A/\pi}$

4.3. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Una vez calculados los esfuerzos, como ya se mencionó, la verificación estructural de tuberías flexibles conlleva las siguientes verificaciones:

- deflexión anular de la sección transversal del tubo
- pandeo de la sección transversal del tubo.

A continuación se detalla la metodología de cálculo recomendada por AWWA para realizar cada verificación.

4.3.1. Deflexión anular

Para calcular la deflexión vertical porcentual de la tubería, ocasionada por la acción de las cargas del relleno (P_E) y tránsito (P_L) y eventuales cargas estáticas, se recomienda el uso de la ecuación de Spangler-Iowa modificada, según la cual:

$$\frac{\Delta y}{D_m} (\%) = \frac{K \cdot (T_L \cdot P_E + P_L)}{(8 \cdot SN + 0,061 \cdot E')} \cdot 100$$

Donde:

- $\Delta y/D_m$: deflexión vertical porcentual, en %.
- Δy : deflexión vertical absoluta (reducción del diámetro vertical del tubo), en mm.
- D_m : diámetro medio de la tubería (distancia entre el eje central del tubo y el eje neutro de sus paredes), en mm.
- T_L : factor de deflexión retrasada, adimensional. Considera el aumento de la carga del relleno de la zanja debido a su asentamiento con el tiempo. Para propósitos de diseño se considera que un factor $T_L = 1,5$ es conservador para tuberías flexibles.
- SN : rigidez anular nominal de la tubería, en kN/m^2 , medida según norma ISO 9969.

• **K**: coeficiente de apoyo, adimensional. Este coeficiente tiene que ver con el ángulo de apoyo “ α ”, de acuerdo a la Tabla 4.7.

Ángulo de apoyo (α)	Coficiente de apoyo (K)
0°	0,11
30°	0,108
45°	0,105
60°	0,102
90°	0,096
120°	0,09
180°	0,083

Tabla 4.7. Coeficiente de apoyo

• **E'**: módulo resistente del suelo de relleno, en kPa. Este representa el soporte del relleno alrededor del tubo, en reacción a su deflexión lateral bajo carga.

Con respecto al módulo resistente E' , para estimarlo se supone que deberá ser una combinación del módulo resistente E'_E del relleno alrededor del tubo con el módulo resistente E'_N del suelo natural a los costados de la zanja. Esta combinación se realiza a través de un coeficiente Sc , que dependerá de las relaciones E'_N/E'_E y B/OD (ancho de zanja / diámetro exterior del tubo).

El valor del módulo E'_N para el suelo natural a los costados de la zanja puede extractarse de la Tabla 4.8 en función del tipo de suelo y la resistencia medida en los sondeos de la zona (ensayo SPT o resistencia a la compresión sin confinamiento).

Para el cálculo del módulo de reacción E'_E del relleno, se brindan dos posibilidades y se recomienda adoptar en cada caso la más desfavorable. La primera posibilidad son los módulos adoptados por el Bureau of Reclamation luego de una serie de ensayos conducidos por A. Howard y pueden verse en la Tabla 4.9. La segunda posibilidad tiene que ver con un estudio conducido

por Duncan y Hartley, en el cual midieron diferentes módulos de reacción en función de la profundidad a la que se está considerando el relleno, y pueden extraerse de la Tabla 4.10.

Una vez obtenidos E'_E y E'_N , y conociendo la relación B/OD , el módulo combinado E' podrá calcularse como:

$$E' = Sc \cdot E'_E$$

Donde Sc es el factor de combinación de soporte del suelo y puede adoptarse, en función de las relaciones E'_N/E'_E y B/OD , de la Tabla 4.11.

La deflexión máxima admitida (en %) se establece en consideración de la estabilidad geométrica del tubo deflectado, su capacidad hidráulica y el máximo estiramiento de fibras que tenga lugar en la pared del tubo.

En general el límite máximo para la deflexión anular porcentual a largo plazo en tuberías de PVC-U con sello elastomérico se establece en 5%, aunque puede variar según la normativa o requisitos locales.



Tipo suelo	Suelo granular		Suelo cohesivo		EN' kPa
	N.º golpes SPT	Descripción	Descripción	qu(KPa)	
A	0-1	Muy, muy suelto	Muy, muy blando	0-13	340
B	1-2	Muy suelto	Muy blando	13-25	1400
C	2-4		Blando	25-50	4800
D	4-8	Suelto	Mediano	50-100	10 300
E	8-15	Ligeramente compacto	Rígido	100-200	20 700
F	15-30	Compacto	Muy rígido	200-400	34 500
G	30-50	Denso	Duro	400-600	69 000
H	>50	Muy denso	Muy duro	>600	138 000

Tabla 4.8. Módulo de reacción EN' para el suelo natural

Tipo suelo	Descripción	Densidad compactación Proctor normal			
		Arrojado	Leve, <85 %	Moderada, 85-95 %	Alta, >95 %
1	Roca partida	6890	6890	20 670	20 670
2	Suelos de grano grueso con menos de 12 % de finos. GW,GPSW,SP	1378	4823	13 780	20 670
3	A- Suelos de grano fino (LL<50) con plasticidad media a nula (CL, ML, ML-CL) con más de un 25 % de partículas de grano grueso. B- Suelos de grano grueso con más de un 12 % de finos (GM, GC, SM, SC).	1033,5	2756	6890	17 225
4	Suelos de grano fino (LL<50) con plasticidad media a nula (CL, ML, ML-CL) con menos de un 25 % de partículas de grano grueso.	344,5	1378	2756	10 335
5	Suelos de grano fino (LL>50) con plasticidad media a alta (CH, MH, CH-MH).	Uso no recomendado. Sin información disponible. Consultar a un especialista o bien considerar EE' = 0			

Tabla 4.9. Módulo de reacción EE' para el suelo de relleno según el Bureau of Reclamation

Tipo suelo	Descripción	Prof. máxima m	Densidad compactación Proctor normal			
			85 %	90 %	95 %	100 %
2	Suelos de grano grueso con poco o ningún material fino (SP, SW, GP, GW)	1,5	4823	6890	11 024	17 225
		3	6890	10 335	15 158	22 737
		4,5	7234,5	11 024	16 536	24 804
		6	7579	11 713	17 225	26 182
3	Suelos de grano grueso con finos (SM, SC)	1,5	4134	6890	8268	13 091
		3	6201	9646	12 402	18 603
		4,5	6890	10 335	14 469	22 048
		6	7579	11 024	16 536	25 493
4	Suelos de grano fino con menos de un 25 % en contenido de arena	1,5	3445	4823	6890	10 335
		3	4134	6890	9646	13 780
		4,5	4823	8268	11 024	15 847
		6	5512	8957	12 402	17 914

Tabla 4.10. Módulo de reacción EE' para el suelo de relleno según Duncan y Hartley

EN'/EE'	B/OD					
	1,5	2	2,5	3	4	5
0,10	0,15	0,30	0,60	0,80	0,90	1,00
0,20	0,30	0,45	0,70	0,85	0,92	1,00
0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,95	1,00
0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,00
0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	1,30	1,15	1,10	1,05	1,00	1,00
2,00	1,50	1,30	1,15	1,10	1,05	1,00
3,00	1,75	1,45	1,30	1,20	1,08	1,00
5,00	2,00	1,60	1,40	1,25	1,10	1,00

Tabla 4.11. Factor de combinación soporte del suelo

4.3.2. Pandeo (buckling)

Cuando un tubo enterrado se somete a cargas externas de compresión radial (tales como una presión interna negativa, presión estática externa del agua freática o pesos de relleno muy altos), puede aparecer una inestabilidad en la pared de la tubería que puede ocasionar deformaciones localizadas hacia adentro (abolladuras) conocidas como “pandeo” (buckling), tal como puede verse en la Figura 4.5.

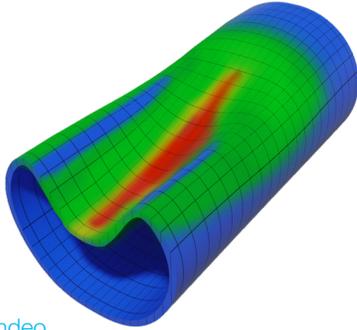


Figura 4.5. Pandeo

La verificación al pandeo consiste en comparar la presión externa de compresión que será capaz de resistir la tubería instalada en zanja (P_A) con la presión externa real total a la que estará sometida (P_T), calculando el correspondiente coeficiente de seguridad como:

$$N = \frac{P_A}{P_T}$$

4.3.2.1. Presión admisible

4.3.2.1.1. Para tubería confinada

La resistencia de una tubería al pandeo aumenta por el efecto de contención del suelo circundante. Para desarrollar esta contención, el tubo debe tener una cobertura de, al menos, 1,20 metros o igual al diámetro del tubo (según cuál sea mayor).

De acuerdo a la metodología AWWA, la presión externa que será capaz de soportar una determinada tubería instalada en zanja con un adecuado confinamiento por parte del relleno será:

$$P_A = \sqrt{32 \cdot R_b \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{E_t \cdot I}{D_m^3}}$$

Donde:

- P_A : presión admisible de pandeo, en kPa
- H_w : altura napa freática sobre lomo tubería, en m
- T : tapada, en metros
- E' : módulo resistente combinado del relleno, en kPa
- E_t : módulo de creep del material de la tubería, en kPa

- I : momento de inercia de la sección de pared de la tubería, en mm^4/mm
- D_m : diámetro medio de la tubería, en mm
- R_b : factor de flotabilidad en agua (adimensional):

$$R_b = 1 - 0,33 \frac{H_w}{T} \quad (\text{si } 0 < H_w < T)$$

- B' : coeficiente soporte elástico (adimensional):

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \cdot e^{-0,065 \cdot (T \cdot 3,28)}}$$

4.3.2.1.2. Tubería no confinada

Cuando la tubería se encuentra enterrada a menos de 1,20 metros o menos de un diámetro (según cuál sea el mayor) o bien cuando la ejecución del relleno de contención resulte deficiente, existe una gran posibilidad de que la contención del suelo de relleno no se desarrolle.

En este caso, lo más seguro será calcular la resistencia del tubo al pandeo suponiendo que el tubo no está confinado, para lo cual se recomienda la siguiente fórmula de cálculo:

$$P_A = \left(\frac{24}{1 - \mu^2} \right) \frac{E_t \cdot I}{D_m^3} \cdot f_0$$

Donde:

- μ : coeficiente de Poisson del material de la tubería
- f_0 : factor de compensación por deflexión. Este puede extraerse de la Figura 4.6, en función de la deflexión obtenida para la tubería.

4.3.2.2. Presión total externa

La presión total real externa (P_T) a la que estará sometida la tubería deberá calcularse para cada caso particular, pero en general puede decirse que:

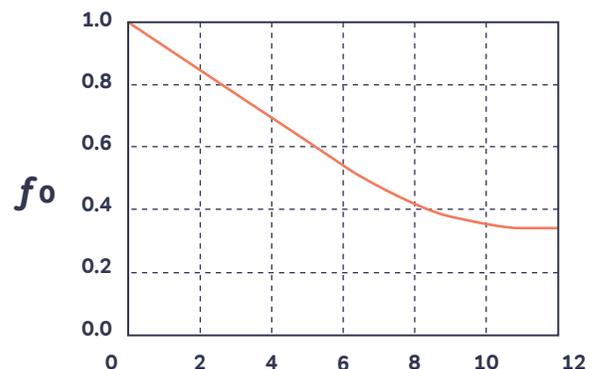


Figura 4.6. Factor de compensación por deflexión

- Cargas para análisis de corto plazo:

$$P_{T,CP} = P_E + P_L + P_W$$

- Cargas para análisis de largo plazo:

$$P_{T,LP} = P_E + P_W$$

- $P_{T,CP}$: presión total externa a la que estará sometida la tubería en el corto plazo, en kPa
- $P_{T,LP}$: presión total externa a la que estará sometida la tubería en el largo plazo, en kPa
- P_E : presión por peso del relleno de la zanja, en kPa
- P_L : presión por cargas vivas (tránsito vehicular), en kPa
- P_W : presión externa ejercida por el nivel freático, en kPa
 $P_W = 0,0098 \cdot \gamma_w \cdot H_w$
- γ_w : peso específico del agua, en kg/m^3
- H_w : altura napa freática sobre lomo tubería, en m

4.3.2.3. Verificación del pandeo

La verificación finalmente consistirá en calcular el coeficiente de seguridad "N" al pandeo (tanto para la situación de corto plazo como para la de largo plazo) y verificar que este sea mayor o igual al valor requerido por la normativa o especificaciones locales (por lo general se pide $N \geq 2$), es decir:

CORTO PLAZO:

$$N_{CP} = \frac{P_{A,CP}}{P_{T,CP}}$$

LARGO PLAZO:

$$N_{LP} = \frac{P_{A,LP}}{P_{T,LP}}$$

IMPORTANTE

Una correcta aplicación de las fórmulas para la presión admisible ($P_{A,CP}$ o $P_{A,LP}$) de la tubería implica considerar el valor de E_i adecuado en cada caso:

- Para calcular $P_{A,CP}$ el valor de E_i será el valor de corto plazo, es decir $E_i = E_0$.
- Para calcular $P_{A,LP}$ el valor de E_i será el valor de largo plazo (por ejemplo $E_i = E_{50'}$ para una vida útil de 50 años).

4.4. EJEMPLO PRÁCTICO

Supongamos que tenemos una tubería **NOVAFORT®** de diámetro nominal $DN = 500 \text{ mm}$ y rigidez anular $SN4 (4 \text{ kN/m}^2)$ y que vamos a instalarla por debajo de un camino pavimentado de concreto, por el que circula tránsito pesado (del tipo ASSHTO H20), a una profundidad de 5 metros (respecto del extradós del tubo), en una zona de suelos limo/arcillosos con 4-8 golpes en el ensayo SPT y una densidad $\gamma_s = 18 \text{ kN/m}^3$, y con un nivel freático ubicado a $H_w = 1 \text{ metro}$ por debajo de la superficie.

A continuación se muestra cómo sería el procedimiento para hacer la verificación estructural.

I. Definir el diseño de la zanja:

a. ANCHO DE ZANJA: suponiendo un equipo de compactación del suelo con un pie de 28,5 cm de ancho:

- $B \geq OD + A + 300\text{mm} = 500\text{mm} + 285\text{mm} + 300\text{mm} = 1085\text{mm}$
- $B \geq 1,25 \cdot OD + 300\text{mm} = 1,25 \cdot 500\text{mm} + 300\text{mm} = 925\text{mm}$

Adoptamos $B = 1085 \text{ mm}$

b. Para el relleno inicial, seleccionamos un suelo arenoso, con menos de 12 % de finos, compactado al 90 % de densidad Proctor normal.

c. Para el relleno final, definimos utilizar el mismo suelo que se excave para conformar la zanja.

II. Determinar los esfuerzos sobre la tubería:

a. Peso del relleno:

$$P_E = \gamma_s \cdot h_w + (\gamma_s - \gamma) \cdot (T - h_w) = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 1\text{m} + (18 - 10) \text{ kN/m}^3 \cdot (5 - 1)\text{m}$$

$$P_E = 50 \text{ kPa}$$

b. Carga de tránsito:

De la Tabla 4.4, para una tapada de 5 metros, se tiene que $PL < 4,7 \text{ kPa}$. Por lo tanto, tomamos este valor, y quedamos del lado de la seguridad. Es decir:

$$PL = 4,7 \text{ kPa}$$

III. Verificar la deflexión anular %:

$$\frac{\Delta y}{D_m} (\%) = \frac{K \cdot (T_L \cdot P_E + P_L)}{(8 \cdot SN + 0,061 \cdot E')} \cdot 100$$

a. Coeficiente de apoyo:

Suponemos $\alpha = 90^\circ$, por lo que, según la Tabla 4.7, se tiene $K = 0,096$.

b. Factor de deflexión retrasada (TL): tomamos $T_L = 1,5$ (valor conservador)

c. Módulo de reacción del suelo (E'):

De la Tabla 4.8: $E_N' = 10\ 800\ \text{kPa}$

De la Tabla 4.9: $E_E'(1) = 13\ 780\ \text{kPa}$

De la Tabla 4.10: $E_E'(2) = 11\ 024\ \text{kPa}$ (valor más conservador, para $T = 4,5\ \text{m}$)

Adoptamos $E_b' = 11\ 024\ \text{kPa}$

Calculamos:

$$E_N'/E_E' = 10\ 800\ \text{kPa} / 11\ 024\ \text{kPa} = 0,98$$

$$B/OD = 1085\ \text{mm} / 500\ \text{mm} = 2,2$$

De la Tabla 4.11, $S_c \sim 1$, por lo tanto:

$$E' = S_c \cdot E_E' = 1 \cdot 11\ 024 = 11\ 024\ \text{kPa}$$

Aplicando la fórmula de Spangler:

$$\frac{\Delta y}{OD} (\%) = \frac{0,086 \cdot (1,5 \cdot 50\ \text{kPa} + 4,7\ \text{kPa})}{(8,4\ \text{kPa} + 0,061 \cdot 11\ 024\ \text{kPa})} \cdot 100$$

$$\frac{\Delta y}{OD} (\%) = \frac{7,65}{704,5}$$

$$\frac{\Delta y}{OD} (\%) = 1,09\ \% < 5\ \% \text{ OK}$$

IV. Verificar el pandeo:

a. Calculamos la resistencia al pandeo de la tubería (corto y largo plazo):

• R_b : Factor de flotabilidad en agua (adimensional):

$$H_w = T - h_w = 5\ \text{m} - 1\ \text{m} = 4\ \text{m}$$

$$R_b = 1 - 0,33 \frac{H_w}{T} = 1 - 0,33 \frac{4}{5} = 0,736$$

• B' : Coeficiente soporte elástico (adimensional):

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \cdot e^{-0,065 \cdot (T \cdot 3,28)}} = 0,42$$

• Resistencia al pandeo, corto plazo:

$$P_{A,CP} = \sqrt{32 \cdot R_b \cdot B' \cdot E' \cdot SN}$$

$$P_{A,CP} = \sqrt{32 \cdot 0,736 \cdot 0,42 \cdot 11\ 024\ \text{kPa} \cdot 4\ \text{kPa}}$$

$$P_{CA,CP} = 660,45\ \text{kPa}$$

• Resistencia al pandeo, largo plazo:

$$\frac{E_{50} \cdot I}{D_m^3} = \frac{E_0 \cdot I}{2 \cdot D_m^3} = \frac{SN}{2}$$

Por lo tanto:

$$P_{A,LP} = \sqrt{32 \cdot R_b \cdot B' \cdot E' \cdot SN / 2}$$

$$P_{A,LP} = \sqrt{32 \cdot 0,736 \cdot 0,42 \cdot 11\ 024\ \text{kPa} \cdot 4\ \text{kPa} / 2}$$

$$P_{CA,LP} = 467\ \text{kPa}$$

• Esfuerzos, corto plazo:

$$P_{T,CP} = P_E + P_L + P_W$$

$$= 50\ \text{kPa} + 4,7\ \text{kPa} + 10\ \text{kN/m}^3 \cdot 4\ \text{m}$$

$$P_{T,CP} = 94,7\ \text{kPa}$$

• Esfuerzos, largo plazo:

$$P_{T,CP} = P_E + P_L + P_W$$

$$P_{T,CP} = 50\ \text{kPa} + 10\ \text{kN/m}^3 \cdot 4\ \text{m}$$

$$P_{T,CP} = 90\ \text{kPa}$$

• Coeficientes de seguridad:

$$N_{CP} = \frac{660,45\ \text{kPa}}{94,7\ \text{kPa}} = 6,97 > 2\ \text{OK}$$

$$N_{LP} = \frac{467\ \text{kPa}}{90\ \text{kPa}} = 5,2 > 2\ \text{OK}$$

5. TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

A continuación, se detallan todas las recomendaciones para un adecuado transporte, manipulación y almacenamiento de los tubos **NOVAFORT®**. El objetivo final de estas recomendaciones es la preservación del estado de los productos, de manera de evitar daños que pudieran entorpecer o incluso impedir su instalación en obra, y están basadas en los lineamientos de las normas internacionales.

Antes que nada, es importante tener en cuenta que la resistencia al aplastamiento de tubos flexibles, cuando no están contenidos lateralmente (por ejemplo, con el suelo de relleno de la zanja) decrece, por lo que no serán capaces de resistir las mismas cargas que resistirían instalados adecuadamente en zanja.

Es por esto que todas las recomendaciones para el transporte, manipulación y almacenamiento evitan la aplicación de cargas innecesarias sobre la tubería durante dichos procesos. Asimismo, las recomendaciones también incluyen medidas para proteger la seguridad del personal a cargo de estas tareas.

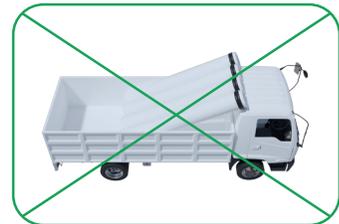
5.1. TRANSPORTE

Se deberán tener en cuenta las siguientes pautas para el transporte de los tubos **NOVAFORT®**:

- A pesar de que las tuberías **NOVAFORT®** son livianas, se recomienda que, por lo menos, dos personas se encarguen de las operaciones de carga y descarga. Estas maniobras deberán hacerse con cuidado y los tubos no se deberán arrojar al suelo, someter a peso excesivo ni golpear.
- Se podrá transportar a los tubos en camiones abiertos o cerrados, en ferrocarril o en contenedores; pero siempre deberán colocarse sobre superficies planas y sin presencia de objetos que puedan producir deformaciones o daños puntuales.
- Dentro del camión, los tubos deberán colocarse en forma ordenada, apoyados sobre la superficie horizontal y sin sobresalir del vehículo (Figura 5.1).
- Se deberá evitar colocar cualquier tipo de carga o material por encima de las tuberías.
- Deberá evitarse, en lo posible, la carga mixta. Si es inevitable, la carga deberá acomodarse de manera que no se dañen los tubos, colocándose siempre los más pesados en la parte inferior.



NO



NO



NO

Figura 5.1. Colocación de las tuberías en el camión

- La primera camada de tubos deberá apoyarse sobre tarimas o tirantes de madera de no menos de 4" de ancho, con una separación entre ellas no mayor a 1,50 m. Además, el espesor de la madera deberá impedir que la campana del tubo se apoye directamente sobre el piso. También podrán usarse tarimas de madera distribuidas en la misma forma (Figura 5.2).

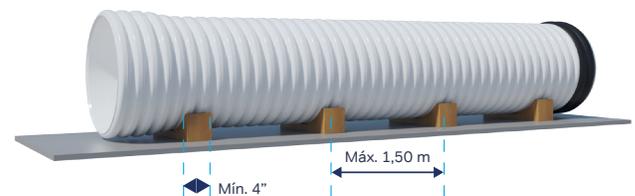


Figura 5.2. Apoyo sobre tirantes de madera

- Los tubos deberán acomodarse en el camión alternando espigas y enchufes, dejando siempre libre la longitud total de estos últimos para evitar aplastamientos y deformaciones. De esta forma se logra una mayor capacidad, mejor acomodo y mayor estabilidad de la carga (Figura 5.3).

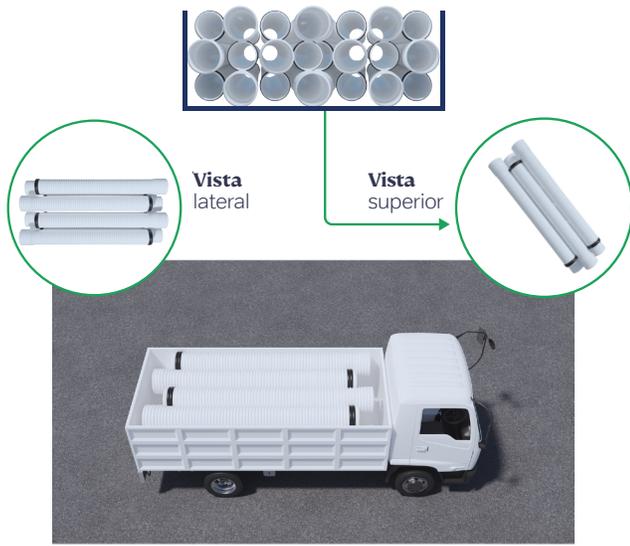


Figura 5.3. Disposición alternada en el camión

- Con el objeto de aprovechar al máximo la capacidad del transporte y reducir los costos del flete, se podrán introducir tubos unos dentro de otros (carga telescópica o anidada), siempre y cuando sus diámetros y las sobrecargas ocasionadas sobre las filas inferiores lo permitan. En este caso, deberá tenerse cuidado durante la operación de colocar un tubo dentro del otro (o sacarlo), de manera de no dañar ninguno de los dos.
- La altura del almacenamiento dentro del camión no deberá exceder los 2,50 m.
- Los tubos se deberán calzar con cuñas de madera, de manera de mantener su estabilidad, evitando el movimiento horizontal (Figura 5.4).



Figura 5.4. Utilizar cuñas de madera

Adicionalmente, se deberá sujetar la carga al vehículo utilizando correas o cuerdas flexibles, pero siempre teniendo cuidado de no producir deformaciones. No se deberán provocar protuberancias, áreas planas u otros cambios abruptos en la curvatura del tubo (Figura 5.5).

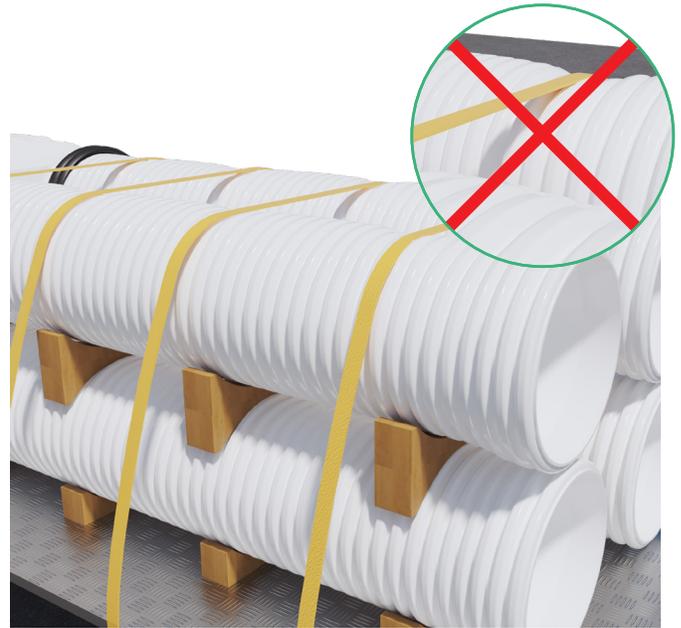


Figura 5.5. No deformar los tubos con las sujeciones

- Cuando se transporte a largas distancias, y sobre todo en épocas calurosas, la carga deberá protegerse con algún tipo de cobertura.

En este caso, para evitar deformaciones debido a las altas temperaturas, se deberá dejar un espacio libre entre la cubierta y los tubos que permita la libre circulación de aire (Figura 5.6).



Figura 5.6. Cobertura de la carga

5.2. DESCARGA Y MANIPULACIÓN

La manipulación de las tuberías **NOVAFORT®** deberá hacerse teniendo en cuenta las siguientes pautas:

- La descarga de las tuberías del camión deberá realizarse en forma ordenada y con elementos adecuados, evitando arrojarlas o arrastrarlas.



Figura 5.9. Alzaje de la tubería



Figura 5.7. No arrastrar las tuberías

- Las tuberías deberán depositarse en suelo firme, plano, liso y limpio.
- Cuando la descarga se realice de forma manual, es recomendable que la realicen, como mínimo, dos personas debidamente calificadas. En este caso, deberá evitarse trabajar de pie sobre la tubería. (Figura 5.8).



Figura 5.8. Descarga del camión

- Las tuberías no deberán arrastrarse ni golpearse (contra el suelo o con herramientas).
- Cuando la carga o descarga se haga mediante la utilización de equipos, estos deberán ser adecuados para levantar y mover los tubos sin generarles daños.
- En el caso de utilizar elementos de izaje, estos no deberán producir esfuerzos puntuales que puedan dañar los tubos. Se recomienda el uso de eslingas de nylon, lona, caucho, etc. Deberá evitarse el uso de cadenas, cables de acero u otros materiales que dañen la superficie de la tubería.
- La forma adecuada de tomar el tubo mediante elementos de izaje es en 2 puntos, uno en cada extremo, a una distancia de los bordes igual a un cuarto de su longitud ($1/4 \cdot L$), como se muestra en la Figura 5.9.

- En el caso de diámetros grandes (iguales o mayores a 200 mm), para la descarga del camión es recomendable utilizar un montacargas que deberá tener las uñas protegidas con caucho. La cantidad de tubos a cargar en las uñas del montacargas dependerá del largo de las uñas y de la capacidad de carga del equipo.

5.3. ALMACENAMIENTO

Para almacenar las tuberías **NOVAFORT®**, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El lugar elegido para el almacenamiento de los tubos deberá encontrarse lo más cerca posible de la obra y a resguardo del tránsito. Se recomienda trasladar los tubos desde el almacenamiento a la zanja a medida que se utilicen.
- La superficie del lugar de almacenamiento deberá ser nivelada y plana, limpia, sin piedras, raíces ni cualquier otro objeto que pueda dañar a la tubería.
- Los tubos se deberán almacenar conservando su empaque original y evitando la acción de cargas puntuales que puedan dañarlos o deformarlos.
- La primera camada de tubos deberá apoyarse sobre tarimas o tirantes de madera de no menos de 4" de ancho, con una separación entre ellas no mayor a 1,50 m (Figura 5.2). Adicionalmente, el espesor de la madera deberá impedir que el enchufe del tubo apoye directamente sobre el piso. También podrán usarse tarimas de madera distribuidas en la misma forma. Si no se poseen tarimas o tirantes de madera, se deberá realizar una pequeña zanja en la zona de los enchufes para que queden libres y no apoyen directamente sobre el piso.
- La colocación de los tubos en las pilas de almacenamiento deberá ser alternada: un tubo con la espiga hacia un sentido y el de al lado con la espiga hacia el sentido contrario, continuando en este orden y cuidando de dejar libre la longitud completa del enchufe (Figura 5.10).



Figura 5.10. Almacenamiento alternado

- Para evitar deformaciones, en las pilas de almacenamiento se deberá evitar que las espigas de cada tubo se apoyen directamente sobre el enchufe del tubo contiguo. En función de esto, y en caso de contar con suficiente espacio, la forma de almacenamiento más recomendada es la cuadrada, alternando tubos de una fila con tubos de la fila siguiente formando un ángulo de 90° entre sí y con los enchufes desfasados, de manera que no tengan contacto con otros tubos (Figura 5.11).



Figura 5.11. Almacenamiento cuadrado

- Se recomienda que la altura de las pilas de almacenamiento sea de entre 1,50 a 2,00 m para facilitar la manipulación de los tubos al armarlas y desarmarlas.
- En el caso de no contar con espacio y tener que recurrir a una pila de almacenamiento de filas paralelas, se requerirá la instalación de tirantes laterales para contener a los tubos, así como tirantes de madera entre camadas. Este tipo de almacenamiento será el más adecuado cuando se tenga poco espacio y se requiera almacenar la mayor cantidad posible de tubos (Figura 5.12).

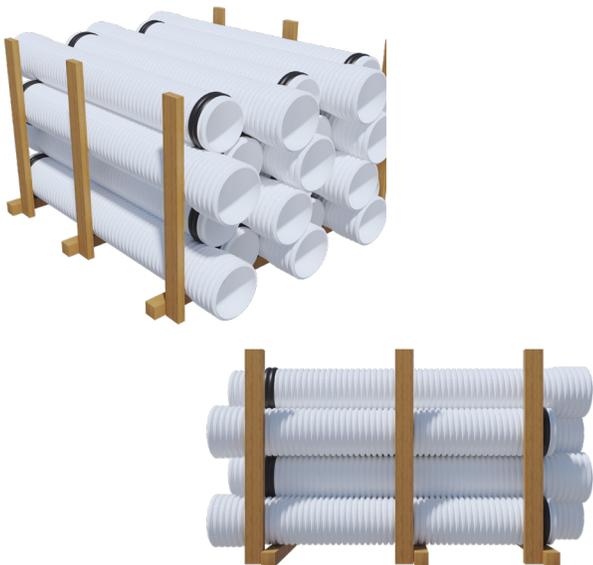


Figura 5.12. Almacenamiento de filas paralelas

- La pila de almacenamiento piramidal (Figura 5.13) será práctica únicamente cuando se carezca de espacio suficiente y se tengan pocos tubos. En este caso será aún más importante la contención lateral de la fila inferior (mediante cuñas u otros métodos), de manera de evitar el desplazamiento horizontal de los tubos.



Figura 5.13. Almacenamiento piramidal

- El sol y el calor excesivo degradan los anillos de goma, por lo que se deberán almacenar en lugar fresco y cerrado.
- Si los tubos van a permanecer bajo la acción de los rayos solares por más de 30 días, se recomienda almacenarlos bajo techo o colocar una cubierta que evite la incidencia de la radiación ultravioleta para evitar la decoloración.

En este caso, la cubierta siempre deberá quedar a una altura no menor a 40-50 cm por encima de los tubos en la fila superior para permitir la libre circulación de aire, pues de lo contrario se provocaría un aumento de temperatura que podría causar deformaciones no deseadas.

Por el mismo motivo, también se deberá evitar usar lonas plásticas o cubiertas flexibles directamente apoyadas en los tubos.



Figura 5.14. Protección contra la radiación UV

- Se deberá cuidar que el peso de los tubos colocados en las filas superiores no genere deformaciones en las filas inferiores.
- Se deberá consultar en caso de querer almacenar las tuberías en forma anidada.

6. INSTALACIÓN EN ZANJA

6.1. COMPORTAMIENTO ESPERADO

Como ya se mencionó, la tubería **NOVAFORT®** se comporta como una tubería flexible y, por lo tanto, las recomendaciones para su instalación son las que corresponden a aquella, según veremos en los párrafos siguientes.

Las tuberías flexibles necesitan de un adecuado soporte o confinamiento por parte del relleno de la zanja, que será el que, en definitiva, resistirá las cargas externas aplicadas sobre la conducción.

Por lo tanto, la construcción del paquete estructural alrededor del tubo resultará fundamental para asegurar un adecuado desempeño tubo-zanja en el resultado final de la obra, de forma que se restrinjan las deformaciones de la tubería dentro de los valores admitidos por las normas internacionales.

A continuación se detallan las recomendaciones para una adecuada instalación de la tubería, basadas en las normas internacionales más reconocidas.

6.2. EXCAVACIÓN DE LA ZANJA

6.2.1. Medidas de seguridad

La excavación deberá realizarse observando la seguridad, manteniendo en todo momento la estabilidad lateral de las paredes de la zanja a través de la inclinación o los soportes que se indiquen en las normas de seguridad nacionales.

Solo podrá excavarse la longitud de zanja que pueda ser contenida con el equipamiento disponible. Se deberá rellenar la zanja tan pronto como se pueda. No se dejará abierta, en lo posible, por un tiempo mayor a una jornada de trabajo.



Figura 6.1. Entibado de la zanja

En el caso de entibar la zanja con sistemas como tablestacas o pantallas, se deberán mantener durante la instalación de la tubería. En general, se recomienda dejar los soportes dentro o debajo de la zona de la tubería para prevenir las pérdidas en el soporte del relleno que pueden ocurrir cuando estos elementos

se retiran. En ese caso, si se requiere eliminar la parte superior del entibado, se recomienda cortar la parte superior a, por lo menos, 50 cm por encima del extradós del tubo.

En el caso de usar soportes móviles, que se van moviendo conforme avanza la excavación a lo largo de la traza de la conducción, será importante que en el movimiento no se altere a la tubería ni al material de soporte. Por este motivo, los soportes móviles no deberán colocarse por debajo del nivel del extradós del tubo, a menos que se utilice una metodología de trabajo que asegure la integridad del material de confinamiento de la tubería (rellenando los vacíos dejados por los ademes removidos y compactando el material hasta la densidad requerida).

En todos los casos, la estructura de soporte deberá ser hermética, de manera de evitar el lavado de las paredes de la zanja por detrás.

6.2.2. Profundidad de zanja

La profundidad de la zanja se calculará mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$H = T + a + DE$$

Donde:

- **H**= profundidad total de la zanja, medida desde el nivel del suelo
- **T**= tapada por encima del nivel superior del tubo (extradós) hasta el nivel del suelo
- **a**= espesor de la cama de asiento por debajo del tubo
- **DE**= diámetro externo de los tubos a instalar

6.3. CONTROL DE AGUAS

Todos los trabajos en la zanja (excavación, colocación del tubo, relleno) deberán realizarse en **condición SECA**, es decir, sin presencia de agua. Para ello se deberán utilizar métodos para evitar el ingreso de agua en la zanja antes, durante y después de la instalación de la tubería, hasta que el relleno esté completo y se haya colocado suficiente material para prevenir que el tubo flote.

6.3.1. Napas subterráneas

En todo momento se deberá mantener el nivel freático 500 mm por debajo de los cimientos de la tubería, de manera de asegurar una base estable para la zanja. Para ello podrán utilizarse diversas metodologías (bombas, pozos, pozos profundos, geotextiles, subdrenes), pero siempre cuidando de no perder el confinamiento del suelo alrededor de la tubería (minimizando la migración de partículas).

6.3.2. Esguerrimiento de aguas

Se deberá evitar cualquier flujo de agua a lo largo o a través de la zanja. Para ello se podrán hacer diques, cortes u otras barreras en la zanja durante la instalación.

6.4. FONDO DE ZANJA

Si al excavar la zanja se encuentra que el material del fondo es de buena capacidad portante, se recomienda alterarlo lo menos posible. De todas maneras, el fondo de la zanja deberá prepararse para la colocación de la cama de asiento y, para ello, deberán realizarse las siguientes tareas:

- Se remover el afloramiento de rocas de tamaño superior a 30 mm, terrones de suelo, suelo congelado, suciedad u otros materiales no aptos.
- Se alisar el fondo hasta obtener una superficie plana y lisa.
- En condiciones de congelamiento, se proteger el fondo de zanja de manera tal que ninguna capa congelada entre en contacto con la tubería.

Cuando el fondo de la zanja se presente inestable (arenas movedizas, suelo pantanoso, material orgánico, arcillas expansivas) o presente muy baja capacidad portante, se deberá sobreexcavar en una determinada profundidad (a especificar por el proyectista o especialista en geotecnia, pero que no será menor a 300 mm) y construir una cimentación colocando suelo seleccionado (de acuerdo a las especificaciones de la Tabla 6.1) o bien materiales estabilizados con cemento o cal.

Para condiciones severas el ingeniero puede requerir de una cimentación especial, tal como el uso de pilotes o tablestacas.

También se puede lograr controlar los fondos inestables de zanjas mediante el uso de geosintéticos apropiados.

Clase de suelo	I	II	III	IV
	SC1	SC2	SC3	SC4
		A1, A3	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-4, A-6	A-2-7, A-4, A-6
Colocación suelo de cimentación	Se instalan y compactan en capas con espesor máximo de 300 mm.		Se instalan y compactan en capas con espesor máximo de 150 mm.	

Tabla 6.1. Colocación y compactación del material de cimentación

6.5. CAMA DE ASIENTO

6.5.1. Materiales

Como ya se mencionó, la cama de asiento consiste en una capa de material granular (grava, arena) compactado, de no menos de 10 cm de espesor (ver Tabla 6.2), colocada en el fondo de la zanja. El material de la cama de asiento deberá estar exento de piedras, material congelado, humus o terrones de limo o arcilla, residuos de plantas, suciedad o cualquier tipo de material punzante.

Además, el tamaño máximo admitido será según las especificaciones de la Tabla 6.3.

Rango de diámetros nominales, dn	Espesor de la cama de asiento (1)
DN ≤ 400 y condiciones normales (2) de fondo de zanja	100
DN > 400 o terreno con rocas y aristas	150

(1) Ver Figura 4.1

(2) Fondo de zanja sin rocas, materiales punzantes, escombros o piedra partida, entre otros.

Tabla 6.2. Espesor mínimo de la cama de asiento

Rango de diámetros nominales, dn	Tamaño máx. de partícula (mm)
DN < 450	13
450 ≤ DN ≤ 600	19
600 < DN ≤ 900	25
900 < DN ≤ 1200	32
DN > 1200	38

Tabla 6.3. Tamaño de partícula máximo para la cama de asiento

6.5.2. Colocación

La cama de asiento se deberá conformar siguiendo la pendiente longitudinal especificada para la tubería en cada proyecto, de manera que al apoyarla quede prácticamente nivelada (con solo ajustes menores).

El material deberá colocarse con cuidado en todo el ancho de zanja, compactándolo hasta una densidad Proctor normal de no menos del 85 %.

Como la función de la cama de asiento es la de proveer un soporte firme y uniforme al tubo (de forma de evitar la generación de tensiones localizadas sobre él y evitar asentamientos diferenciales de relevancia a lo largo de su recorrido), su correcta instalación es fundamental para el futuro desempeño de la tubería.

6.6. COLOCACIÓN Y ACOPLA DE LA TUBERÍA

6.6.1. Colocación

Una vez conformada la cama de asiento y alisada su superficie, se procederá a bajar la tubería hasta apoyarla sobre ella.

Aquí, la manipulación de la tubería deberá hacerse de la misma manera que en el capítulo 5.2, tomando al tubo por 2 puntos, uno en cada extremo, a una distancia de los bordes igual a un cuarto de su longitud (1/4.L), tal como se muestra en la Figura 6.2.



Figura 6.2. Manipulación en zanja

Una vez que el tubo esté en el fondo de la zanja, deberá prestarse especial atención a la forma en la que se apoye sobre la cama de asiento. Una premisa muy importante para que la cama de asiento cumpla su objetivo es que el tubo deberá descansar sobre ella en la totalidad de su longitud, sin que haya espacios vacíos entre la superficie superior de la cama y la tubería en ningún punto.

Para ello, a la altura de los enchufes de la tubería se deberá realizar un hueco en la cama de asiento, de manera de que la parte que sobresale descansa sobre dicho hueco y el cuerpo del tubo apoye en toda su longitud (Figura 6.3).



Colocación incorrecta



Colocación correcta

Figura 6.3. Apoyo del tubo sobre la cama de asiento

6.6.2. Acople

En general, los tubos **NOVAFORT®** salen de fábrica con los aros de goma ya colocados en la espiga y protegidos con film.

En el caso eventual de que sea necesario colocar el aros en la obra (ya sea porque el tubo no lo tiene, porque el aro original se dañó o porque se cortó la tubería en un punto intermedio), se deberán tener las siguientes precauciones (independientemente del tipo de aro a instalar):

- I. Colocar el aro con los labios apuntando siempre hacia la campana del mismo tubo.
- II. Colocar el aro alojándolo en el segundo valle de la corruga, contando desde el extremo del tubo.

En la Figura 6.4 puede observarse el modo de colocación para dos tipos de aros posibles del sistema.

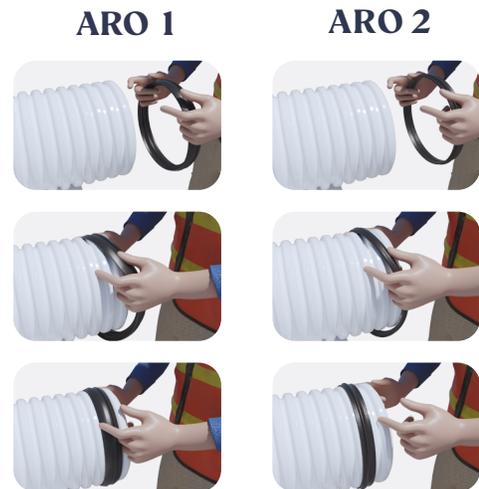


Figura 6.4. Colocación aro de goma

En el caso de acoplar un tubo **NOVAFORT®** a un accesorio del tipo ramal inyectado, deberá correrse el aro de goma en la espiga del tubo del segundo al tercer valle de la corruga.



Además, si el accesorio tiene aro de goma en sus extremos hembra, estos no se deberán retirar.

A continuación, se procederá a ensamblar el tubo con los ya instalados en la zanja. Para hacerlo, se acoplará la espiga (macho) de un tubo al enchufe (hembra) del otro mediante el siguiente procedimiento:

- I. Se verificará que los extremos de los elementos a unir presenten un corte recto, perpendicular al eje longitudinal, sin rebabas ni deformaciones.
- II. Con tela o estopa limpia y seca, se limpiarán las superficies a unir: interior del enchufe, exterior de la espiga y el anillo de caucho. Se deberá prestar especial atención a la correcta limpieza de la zona del alojamiento del aro de goma, pues cualquier basura que quede retenida en ese lugar hará que el aro no asiente

perfectamente, lo que ocasionará inconvenientes en el armado de la junta, prueba hidráulica o servicio (Figura 6.5).

III. Con un marcador, se realizará una marca sobre la espiga indicando la profundidad de inserción, es decir el punto hasta el cual deberá llegar el extremo exterior del enchufe durante el acople.

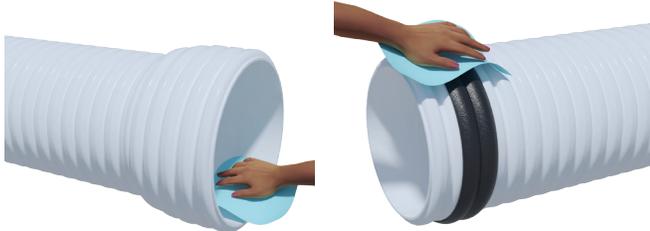


Figura 6.5. Limpieza de espigas y enchufes

IV. Si no está ya puesto, se colocará el aro de caucho en uno de los valles de la espiga (en general, en el segundo valle desde el extremo), repasándolo en forma manual para corroborar que quede apoyado perfectamente.

V. Se aplicará lubricante sobre el aro de caucho y en la superficie interior del enchufe, ya sea con estopa, trapo o pincel. Se utilizará lubricante recomendado o, en su defecto, pasta jabonosa. No se deberán utilizar grasas minerales, porque pueden atacar al compuesto del aro de caucho.



Figura 6.6. Colocación de lubricante

VI. Se introducirá la espiga dentro del enchufe, cuidando de que no ingrese suciedad o material del relleno de la zanja en la zona de la unión y dejando una separación de 1,5 a 2,0 cm del fondo del enchufe. Esta separación es necesaria para que el tubo tenga libre movimiento en sentido longitudinal por dilataciones o contracciones debidas a cambios de temperatura ambiente o de los líquidos a conducir.

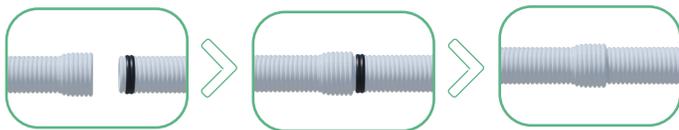


Figura 6.7. Acople de tuberías

VII. Los tubos se enchufarán alineados, evitando tomar ángulos entre el extremo de un tubo con el extremo del otro.

Para realizar la unión, se podrá utilizar una barreta de hierro de aproximadamente 1,5 m a 2,0 m de longitud. Se clavará la barreta firmemente en el fondo de la zanja e, interponiendo un taco de madera entre ella y la boca del enchufe del tubo, se practicará una palanca para empujarlo y acoplarlo con el siguiente.

El acople también podrá realizarse mediante otros sistemas, siempre de fuerza controlada, como fajas teladas con tiracables, aparejos a cadena, gatos o malacates, pero siempre cuidando de no dañar las tuberías.

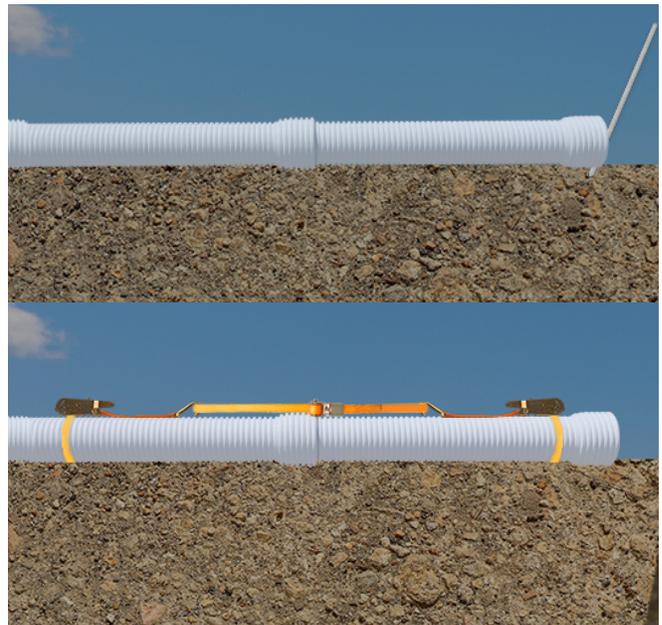


Figura 6.8. Métodos de acople

No se aconseja el encastre mediante empuje con el balde de la retroexcavadora.

6.6.3. Nivelación

Como ya se mencionó, la superficie superior de la cama de asiento deberá tener la pendiente especificada en el proyecto para la tubería. Por lo tanto, una vez apoyado y acoplado el tubo, solo deberá realizarse un ajuste fino en el nivel del extremo contrario al acoplado. Para ello, se nivelará dicho extremo y se procederá a agregar (o retirar, según corresponda) material de apoyo hasta llegar al nivel deseado.

6.7. RELLENO INICIAL

A continuación, se deberá colocar el relleno alrededor de la tubería, entre la cama de asiento y hasta una altura "h" por encima del extradós del tubo. El valor de "h" será, como mínimo, de 150 mm, o la mitad del diámetro nominal (DN/2) del tubo (lo que sea mayor) y, como máximo, de 300 mm.

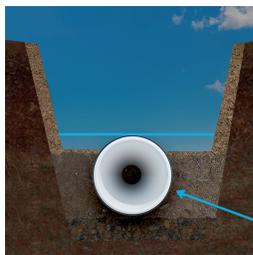
La calidad y compactación de este relleno deberán ser acordes a las previsiones del proyecto en la obra, por lo que será muy importante colocar el tipo de suelo recomendado por el ingeniero a cargo y compactarlo hasta la densidad Proctor especificada.

Es importante reiterar que este relleno alrededor del tubo, llamado relleno “inicial” o de “contención”, es la pieza fundamental en el desempeño estructural del conjunto tubozanja ante los esfuerzos externos, con lo cual su adecuada colocación y compactación son la clave para la calidad final de la instalación.

6.7.1. Requisitos del material

Además de las ya mencionadas características a tener en cuenta para este relleno inicial de la zanja, el suelo seleccionado para conformarlo deberá ser tal que:

Trozos de raíces, piedras



Tamizado

Figura 6.9. Cuidados en la selección del suelo del relleno inicial

- Satisfaga los requerimientos solicitados por el proyectista en el cálculo estructural de las tuberías.
- Sea compactable.
- En el caso de suelos con drenaje restringido (clase III, clase IV y algunos clase II en el límite), tenga un contenido de humedad en el orden de 3 % del óptimo (medido de acuerdo con ASTM D698).
- Para tubos DN < 900 mm, el tamaño de las partículas no supere los 11 mm.
- No contenga terrones de suelo de tamaño superior a 2 veces el tamaño máximo de las partículas.
- No contenga material congelado ni material orgánico, ni desperdicios (raíces de vegetación, gomas, botellas, metales, etc.).

Cumplir con estos requisitos podrá demandar trabajos de limpieza o tamizado de los materiales disponibles.

Adicionalmente, el material del acostillado se colocará y apisonará adecuadamente, previamente a la colocación del resto del relleno inicial. La compactación deberá ser manual, utilizando una madera, pala u otro dispositivo que permita empujar y colocar el material de manera de rellenar todos los espacios, corroborando que no queden huecos (ver Figura 6.10).

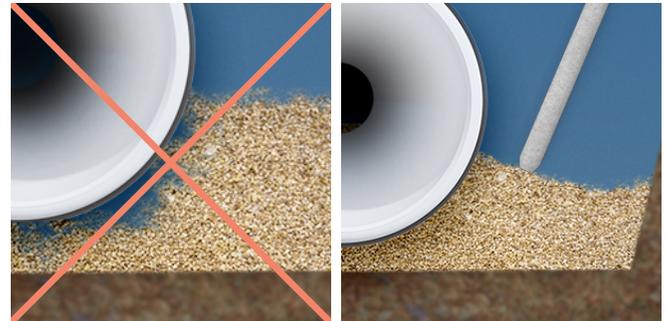


Figura 6.10. Cuidados en la colocación del relleno en el acostillado

6.7.2. Colocación del relleno

Para la colocación del relleno de contención deberán seguirse las siguientes pautas:

- Utilizar técnicas y equipos de compactación compatibles con el material utilizado y con el espacio disponible dentro de la zanja. El equipo de compactación no deberá tocar ni dañar la tubería.
- Colocar el suelo de relleno simultáneamente a ambos lados de la tubería, en capas, compactándolo con precisión hasta alcanzar los niveles de densidad especificados en el proyecto y cuidando que, durante el proceso, la tubería no se mueva. Este proceso se repetirá hasta alcanzar con las capas el nivel del extradós de la tubería.
- El espesor de las capas en las que se debe colocar el relleno y la cantidad de pasadas con el equipo de compactación dependerán del tipo de material y de la metodología utilizada. En la Tabla 6.4 pueden verse los valores recomendados.

En el caso de utilizar suelos clase III o SC3, deberán tomarse precauciones para su compactación y controlar el contenido de humedad de manera de lograr la densidad requerida con un esfuerzo de compactación y equipos razonables. El contenido de humedad deberá mantenerse dentro del nivel óptimo $\pm 3\%$ (de acuerdo a ASTM D698). Si no se mantiene este nivel de humedad, lo más probable es que la tubería presente ovalizaciones excesivas una vez instalada.

La utilización de suelo clase IV o SC4 no se recomienda como material de relleno de contención. Si se lo va a utilizar de todas maneras, deberán cumplirse las siguientes pautas:

- Que el material presente $LL < 50$.
- Que se asegure un módulo resistente similar o superior al especificado en el proyecto.
- Que durante su colocación y compactación el contenido de humedad se mantenga dentro del nivel óptimo $\pm 3\%$ (de acuerdo a ASTM D698).
- Que no sea utilizado en instalaciones con cimentaciones inestables o con agua permanente en la zanja.
- Que se compacte en capas de 100 a 150 mm con un compactador de impacto o neumático.
- Que se realicen ensayos de compactación periódicamente para corroborar que se logró la densidad requerida.

Una vez alcanzado el extradós de la tubería, se adicionará material de relleno en cada flanco hasta completar una altura $hr = DN/2$ (mínimo: 150 mm; máximo: 300 mm) y se compactará (ver Figura 6.11).

Equipo de compactación	Número mínimo de pasadas	Espesor máximo de capa después de compactación (mm)			
		SC1	SC2	SC3	SC4
		I	II	III	IV
Apisonado: Carga mínima: 15 kg	3	300	150	100	100
Apisonado por vibración Carga mínima: 40 kg	3	-	300	200	150
Placa vibrante Carga mínima: 50 kg	4	-	100	-	-
Carga mínima: 100 kg	4	-	150	-	-
Carga mínima: 200 kg	4	-	200	100	-
Carga mínima: 400 kg	4	-	300	150	100
Carga mínima: 600 kg	4	-	400	200	150

NOTA 1. Para equipos de mayor porte se recomienda consultar con el proyectista de la obra.

NOTA 2. Siempre que el cálculo estructural lo permita, se pueden utilizar dispositivos de compactación manual de hasta 15 kg en suelos SC1 y SC2. Se recomienda un espesor máximo de capa de 150 mm y no menos de tres pasos.

Tabla 6.4. Espesores de capas de compactación recomendados

De esta forma se provee de apoyos laterales firmes y se disminuyen las deformaciones de la tubería causadas por las cargas del suelo.

- Por último, se colocará material de relleno por encima del extradós del tubo, sin compactar, hasta igualar con los laterales.
- En todos los casos, la densidad de compactación del relleno inicial deberá ser la establecida en la memoria de cálculo estructural de la tubería, aunque se recomienda que nunca sea menor que los valores establecidos en la Tabla 6.5 para cada tipo de suelo.

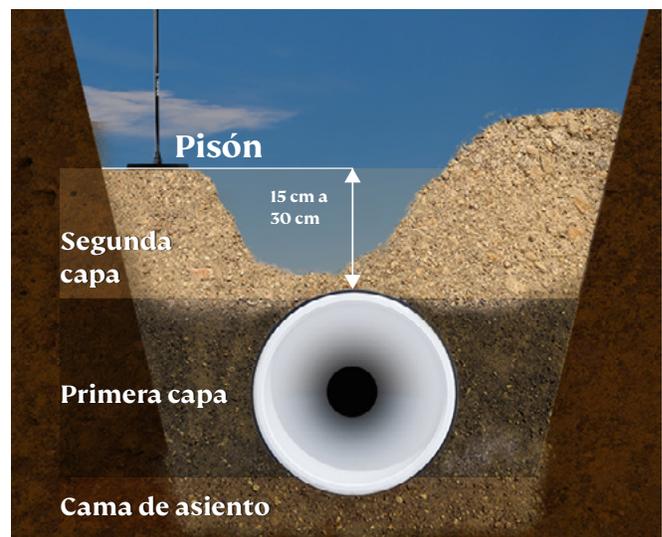


Figura 6.11. Compactación de capas en los laterales del tubo

	Clase de suelo (ASTM)			
	I	II	III	IV
Densidad Proctor normal mínima	85 %	85 %	90 %	95 %

Tabla 6.5. Densidad Proctor mínima requerida para cada tipo de suelo

6.8. RELLENO FINAL

El material para realizar este relleno deberá estar exento de piedras grandes, aglomerados, escombros, material orgánico o cualquier otro material de tamaño mayor a 200 mm. En caso de cumplir con estos requisitos, podrá utilizarse el suelo proveniente de la excavación de la zanja.

El relleno se colocará también en capas, compactando cada una a la densidad especificada en el proyecto.

En el caso de la primera capa, se deberán tomar precauciones para la compactación del suelo por encima de la tubería, evitando impactar sobre ella. El espesor de esta capa no deberá ser menor a 150 mm o al valor especificado en la Tabla 6.6 (en función del equipo de compactación a utilizar).

Masa del equipo, m_{eq} (kg)	Cobertura mínima del tubo (mm)	
	Apisonado	Vibrado
$m_{eq} < 50$	-----	-----
$50 \leq m_{eq} < 100$	250	150
$100 \leq m_{eq} < 200$	350	200
$200 \leq m_{eq} < 500$	450	300
$500 \leq m_{eq} < 1000$	700	450
$1000 \leq m_{eq} < 2000$	900	600
$2000 \leq m_{eq} < 4000$	1200	800
$4000 \leq m_{eq} < 8000$	1500	1000
$8000 \leq m_{eq} < 12\ 000$	1800	1200
$12\ 000 \leq m_{eq} < 18\ 000$	2200	1500
Rodillo punta de diamante $m_{eq} < 500$		500
Pata de cabra $m_{eq} < 500$		500

Tabla 6.6. Cobertura mínima para compactar encima del tubo

Además, se deberá garantizar una cobertura mínima sobre la tubería antes de permitir el paso de vehículos o de equipo de construcción pesado sobre la zanja. Esta tapada dependerá del tipo de suelo utilizado para el relleno (ver Tabla 6.7).

Una vez colocado este relleno, deberá prestarse especial atención a la remoción de los tablestacados (en caso de existir) y se deberá controlar que la deflexión anular vertical que sufrió la tubería no exceda el 3 %.

Tipo de suelo	Tapada mínima
SC1	600 mm o DN (el que sea mayor)
SC2, SC3 y SC4	900 mm o DN (el que sea mayor)

Tabla 6.7. Tapada mínima en tráfico de vehículos o equipos pesados

6.9. CONSIDERACIONES ESPECIALES

De manera complementaria a todo lo expuesto, se deberán tener en cuenta otras consideraciones muy importantes a la hora de la instalación de cualquier tipo de tuberías. Entre otras, se pueden mencionar las siguientes:

6.9.1. Migración de finos

Cuando se coloca material granular y de granulometría abierta junto a material fino, este último puede migrar dentro del material más grueso debido al gradiente hidráulico del caudal de agua subterránea. La experiencia de campo muestra que la migración puede resultar en una pérdida significativa del soporte de la tubería y, por lo tanto, en el aumento de las deformaciones.

Para prevenir la migración de finos en los espacios del material más grueso bajo un gradiente hidráulico, la graduación y el tamaño relativo de las partículas del relleno de la zanja y el del material natural de la zona deberán ser compatibles. Para comprobarlo, deberá utilizarse el siguiente criterio de graduación de las partículas (especificado por las norma ASTM D2321):

- $D_{15}/d_{85} < 5$; siendo D_{15} el diámetro de la malla del tamiz por el que pasa el 15 % del material más grueso y d_{85} el diámetro de la malla del tamiz por el que pasa el 85 % del material fino.
- $D_{50}/d_{50} < 25$; siendo D_{50} el diámetro de la malla del tamiz por el que pasa el 50 % del material más grueso y d_{50} el diámetro de la malla del tamiz por el que pasa el 50 % del material fino. Esta condición puede no aplicarse si el material más grueso está bien graduado. Si el material más fino es una arcilla medianamente o altamente plástica sin contenido de arena o limo (CL o CH) entonces, para el criterio de D_{15}/d_{85} deberá cumplirse adicionalmente que $D_{15} < 0,5$ mm.
- Cuando no exista otra alternativa que usar materiales incompatibles, estos deberán estar separados por un filtro de piedra o bien una tela filtrante (geotextil no tejido), que deberá tener una durabilidad igual o superior a la vida útil de la tubería. Figura 6.12.

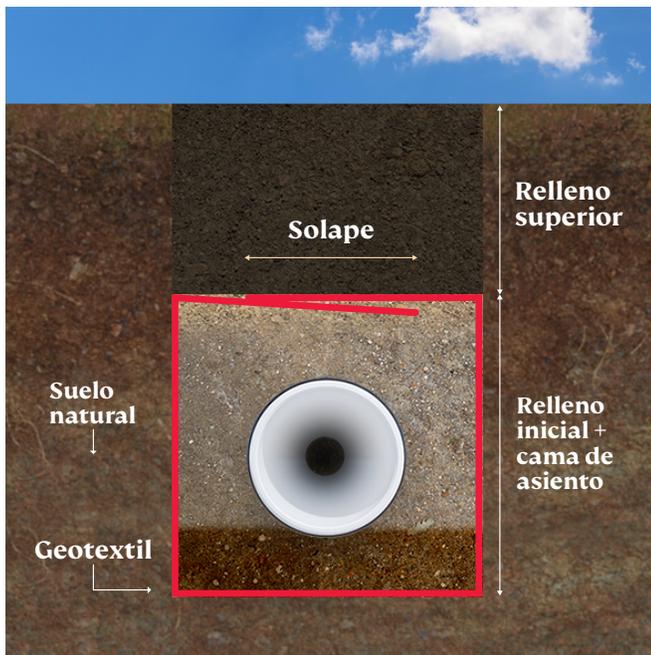


Figura 6.12. Colocación de geotextil para prevenir migración de finos

- El geotextil deberá rodear completamente la cama de asiento y el relleno de contención, deberá doblarse por encima de la zona del tubo y solaparse ambos extremos en un ancho mínimo (si se sueldan los extremos solapados, el ancho mínimo será de 30 cm; de lo contrario, deberá incrementarse a 50 cm).

6.9.2. Prevención del fenómeno de lavado del relleno

Si se prevén flujos de agua subterráneos en la zanja, deberán tomarse precauciones especiales para evitar la erosión del suelo de relleno (lo que podría provocar vacíos en el material de contención, con la consecuente desestabilización de la tubería).

Una posible solución será diseñar y construir un sistema de drenajes que desvíen el flujo subterráneo y eviten que pase a través de la zanja.

El uso de geotextiles que envuelvan al relleno de contención y a la cama de asiento también ayudará a mitigar el problema, aunque no será la solución definitiva.

6.9.3. Prevención de la flotación de la tubería

En casos donde se anticipe que el nivel freático pueda estar, en algún momento, por encima del nivel del fondo de zanja, se deberá prever una tapada mínima para evitar que el tubo flote.

El valor de dicha tapada surge del análisis de equilibrio entre la fuerza de empuje ejercida por el agua sobre la tubería versus el peso del suelo por encima de ella, es decir:

$$V \cdot g = T \cdot OD \cdot \gamma' \cdot L + W_t$$

Donde:

T: tapada, en metros

V: volumen del tubo, calculado en función de su diámetro exterior (OD), en m³

γ : peso específico del agua, en kg/m³

L: longitud del tubo

γ' : peso específico del suelo (valor sumergido o húmedo, de acuerdo con el nivel de la napa), en kg/m³

W_t: peso del tubo, en kg

6.9.4. Instalación de tuberías en paralelo

Si se colocan los tubos en paralelo (Figura 6.13), se requerirá una cantidad mínima de relleno compactado entre ellos, con el mismo grado de compactación que el del relleno de las paredes laterales de la zanja, de manera de asegurar el confinamiento previsto en el cálculo para ambos tubos.

La distancia entre los dos tubos (L_t) deberá ser suficiente como para permitir el paso de un equipo de compactación adecuado, dejando una distancia a cada lado del equipo de, como mínimo, 150 mm, y nunca deberá ser menor que:

$$L_t = 300 \text{ mm, para DN} < 600 \text{ mm}$$

$$L_t = \frac{D_1 + D_2}{2}, \text{ para DN} > 600 \text{ mm}$$

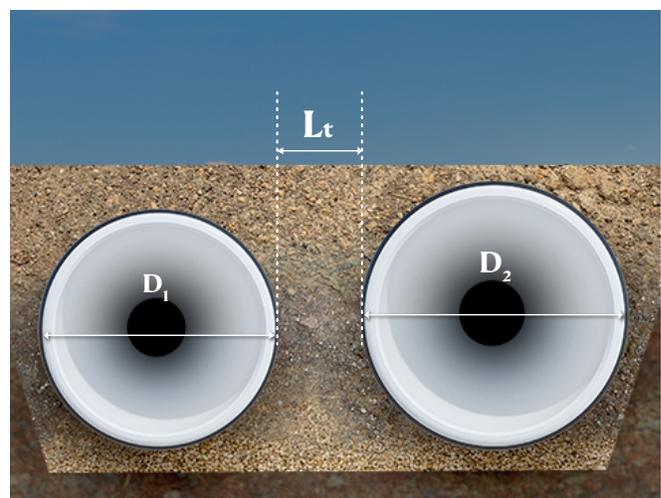


Figura 6.13. Separación de 2 tubos paralelos al mismo nivel

En el caso tubos instalados en una zanja en escalera (por ejemplo, en el caso de que el tubo **NOVAFORT**® comparta zanja con un tubo de agua) la distancia mínima entre ambos será L_t = 600 mm. Figura 6.14.

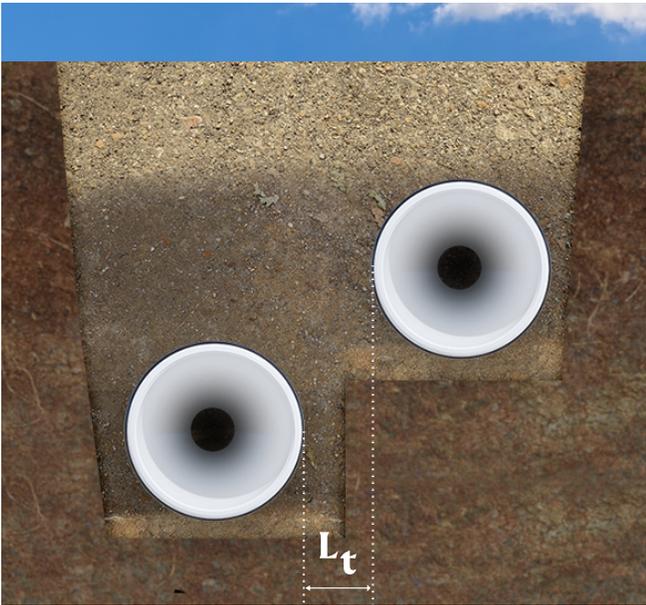


Figura 6.14. Separación de 2 tubos paralelos en zanja en escalera

6.9.5. Uso de materiales cementicios o rígidos para el relleno inicial

A veces, cuando el suelo natural es muy malo, resulta más económico mezclar este suelo con materiales de estabilización (suelo-cemento, suelo-cal, etc), que importar suelo seleccionado de otro lugar para conformar el relleno inicial. Esto puede hacerse, pero deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- a. Al quedar confinada por un material rígido, se pierde la interacción tubo-zanja y, por lo tanto, la tubería deja de comportarse como flexible. Por lo tanto, no será aplicable la metodología de cálculo estructural desarrollada en el ítem 5.
- b. El relleno se colocará en capas controladas, evitando la flotación de la tubería (por lo general, también hará falta apuntalarla).
- c. Se deberá esperar a que se complete el fraguado del material antes de continuar con la tapada superior.
- d. En el caso de un nivel freático por encima del nivel de fondo de la zanja, este deberá mantenerse deprimido hasta que el material de relleno termine de fraguar o adquiera una resistencia suficiente como para soportar los empujes del agua.
- e. El hecho de que el material de relleno sea rígido no necesariamente significa que sea impermeable. Debido a esto deberá preverse una eventual acción de la presión hidrostática del agua sobre las paredes de la tubería en caso de niveles freáticos altos, aún una vez finalizada la instalación.

6.9.6. Instalación a la intemperie

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

- No necesitar solvente ni tener base thinner ya que esta sustancia no se comporta bien con el PVC-U.
- Debe tener un componente reflectivo, como aluminio o similar.
- Debe asegurarse la adherencia al PVC-U con la aplicación directa o a través de la aplicación de un "primer". Una de las formas de preparar la superficie es lijando suavemente en seco, limpiando con limpiador adecuado antes de aplicar la pintura.

6.10. CONEXIONES

6.10.1. Conexiones domiciliarias a través de "sillas"

Cuando se quiere realizar una derivación sobre una tubería ya instalada, se puede recurrir a la utilización de una "silla" o "ramal postizo". Estos poseen derivaciones a 45° o a 90° (según corresponda) y el kit incluye todos los elementos necesarios para un correcto acople a la tubería **NOVAFORT®**.

Se ofrecen diferentes tipos de kits, según las necesidades locales (consultar con la oficina técnica de Wavin en cada país), pero en general incluyen:

- a. ramal postizo de PVC-U o "silla"
- b. dos abrazaderas
- c. goma nervurada o sellador



Figura 6.15. Opciones de ramal postizo

La instalación podrá realizarse de dos maneras, según el material a utilizar para el sello hidráulico entre el ramal y el tubo (goma o sellador).

6.10.2. Instalación con goma nervurada

- I. Colocar el ramal o la goma sobre el tubo y marcar el contorno.



Figura 6.16. Marcar el contorno

II. Perforar el tubo siguiendo la marcación realizada en el paso 1. Al finalizar, retirar la pieza cortada y eliminar las rebabas que pudieran haber quedado del corte.

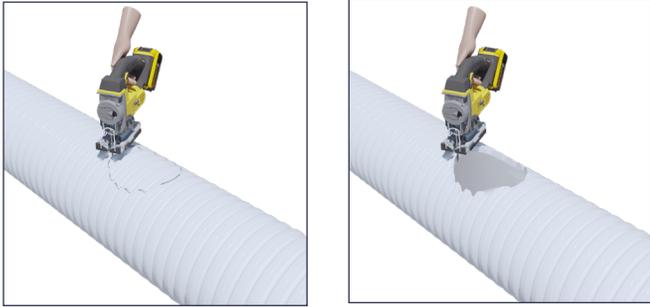


Figura 6.17. Perforar

III. Limpiar la superficie externa del tubo (alrededor de la zona perforada) y la superficie interna del ramal. Luego, colocar la goma con las estrías hacia abajo (en los valles de la pared del tubo).

IV. Colocar el ramal postizo sobre el tubo, teniendo cuidado de que quede centrada la zona perforada sobre la derivación del ramal.



Figura 6.18. Colocar ramal

V. Colocar las abrazaderas a cada lado del ramal y ajustar. Con esto el ramal quedará colocado y listo para su utilización.



Figura 6.19. Abrazaderas

6.10.3. Instalación con sellador

En este caso, el procedimiento será idéntico al del caso anterior, salvo en el punto III, donde, en lugar de colocar la goma nervurada alrededor de la perforación del tubo, se deberá elaborar un cordón de aproximadamente 1,5 cm de espesor, tanto alrededor de la perforación del tubo como en la parte inferior del accesorio a colocar, con el sellador recomendado, asegurándose de llenar completamente los valles de la tubería en el perímetro de la perforación.

Este sellador puede ser el provisto por Wavin o uno del tipo Sika Lastomer 95 (tripolímero de isobutileno).

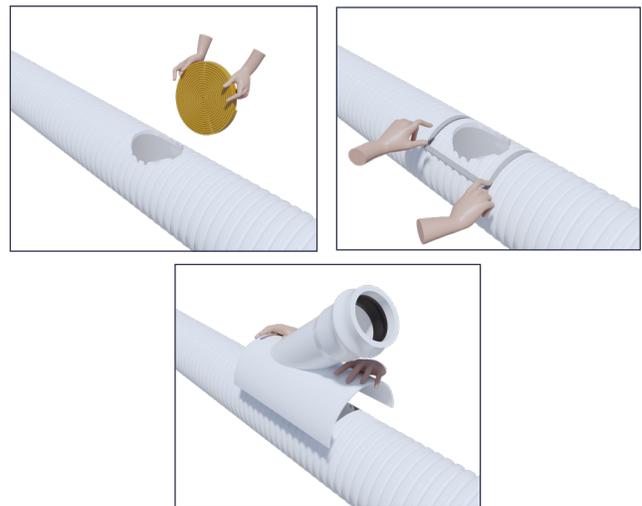


Figura 6.20. Colocación con sellador

A continuación, colocar debidamente la silla en la perforación, con la presión suficiente para expandir los cordones instalados, y amarrarla al tubo en al menos dos puntos para asegurar la unión mientras el producto se adhiere totalmente. Puede ser con alambre o con abrazaderas.

RECOMENDACIONES:

- Realice la operación en máximo 45 minutos.
- Si el producto pierde plasticidad, humedezca para recuperarla.
- Endurecimiento parcial:
 - 2 h clima cálido
 - 4 h clima frío
- Espere 4 horas para poner en funcionamiento el sistema. Actúa en húmedo, seco o sumergido.

6.10.4. Conexiones a cámaras o bocas de inspección

6.10.4.1. Cámaras rígidas

Es importante tener en cuenta que estas conexiones deben garantizar la hermeticidad y conservar las condiciones de flexibilidad de la tubería.

Teniendo en cuenta que el PVC-U no se adhiere al concreto y para asegurar que aún en la zona de empalme con la cámara la tubería puede deflectarse de acuerdo con lo previsto en el diseño, se recomienda lo siguiente:

- Coloque el caucho a partir del último valle completo de la tubería teniendo en cuenta que la parte de mayor chaflián vaya colocada hacia el extremo.
- Introduzca la tubería en la cámara de inspección, verificando que el caucho quede a la mitad del muro.
- Aplique mortero y emboquille.

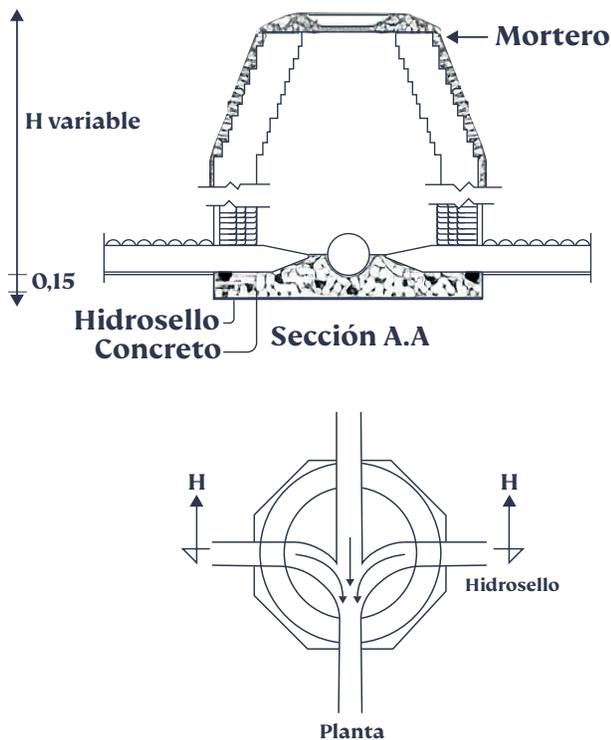


Figura 6.21. Conexión a cámaras rígidas

Es importante tener en cuenta que cuando la velocidad de la tubería supera los 5,0 m/s, se recomienda proteger las cañuelas y las paredes del pozo, donde impacte el chorro, con medias tuberías **NOVAFORT®**. Para pegar estas medias tuberías al pozo se debe aplicar arena sobre el tubo pegándola con soldadura (para mayor adherencia) y luego pegar la tubería al pozo con mortero. De esta forma se asegura que la estructura no sufrirá erosión.

6.10.4.2. Cámaras plásticas Wavin

Se recomienda seguir las indicaciones dadas en el manual correspondiente a estos productos.



7. CONTROLES

7.1. CONTROLES PERMANENTES DURANTE LA INSTALACIÓN

Durante la ejecución de la obra se recomienda realizar los siguientes controles:

I. Control de nivel freático permanente (no deprimido), para constatar que sea acorde al considerado en la verificación estructural de la tubería. Si el nivel medido es superior, deberá realizarse una nueva verificación estructural (lo que puede derivar en cambios en el diseño de la zanja o la selección de la tubería). En caso de que el nivel medido esté por debajo, se considera que el cálculo está dentro de lo seguro y podrá proseguirse el trabajo como estaba previsto.

II. Control del trazado para verificar que la alineación, niveles, pendientes y tapadas de las tuberías coincidan con las especificadas por el proyecto.

III. Control del suelo, de manera de verificar que el suelo natural y el que se utiliza como relleno sea acorde a lo considerado en el cálculo estructural. Caso contrario, deberá realizarse el cálculo nuevamente.

IV. Control de las uniones para verificar su alineación, limpieza y apariencia y detectar posibles pérdidas.

V. Control de compactación, que consiste en medir la densidad Proctor obtenida en los diferentes puntos de la conducción y verificar que esté dentro del rango de valores considerado en el cálculo estructural.

7.2. DEFLEXIÓN DE LA TUBERÍA

Una vez completado el relleno de la zanja, se deberá verificar que la deflexión vertical producida en la tubería esté dentro de los valores admitidos. Por lo general, se considera que una instalación fue bien ejecutada cuando la deflexión vertical de la tubería no resulta superior a un 3 % de su diámetro interior inicial. Sin embargo, este requisito puede variar en función de la normativa local.

Para realizar la medición deberán utilizarse instrumentos de medición adecuados, como un deflectómetro electrónico o bien un simple calibre pasa-no pasa ("prueba de mandrilado").

Si la deflexión es superior a la requerida, deberá retirarse todo el suelo de relleno alrededor del tubo, esperar a que este último vuelva a su forma original y luego volver a rellenar la zanja con cuidado.

Es importante que este control se realice dentro de los 30 días de finalizado el relleno de la tapada ya que, luego de este tiempo, empieza a aparecer una deflexión residual en la tubería, provocada

por el asentamiento del suelo de alrededor, y ya esta medida deja de ser representativa de la calidad de la instalación.

7.3. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

Esta prueba se realiza para verificar que las uniones de las tuberías hayan sido bien ejecutadas y que sean estancas e impidan la salida del fluido transportado en su interior. Esta prueba puede hacerse con agua o con aire y deberá realizarse siguiendo los lineamientos de la normativa local.

A modo informativo, a continuación se detallan algunas de las metodologías utilizadas.

7.3.1. Prueba con agua

Podrá hacerse a zanja Abierta o a zanja Tapada (con una tapada mínima de 600 mm y dejando las uniones de las tuberías descubiertas). Un procedimiento posible para esta prueba es el siguiente:

I. Llenar la tubería con agua sin presión hasta eliminar todo el aire contenido en ella, dejándola en esta situación durante 6 h. Luego de ese tiempo inspeccionar el aspecto exterior de la tubería, buscando la presencia de exudaciones o filtraciones, localizadas o no, que, en caso de aparecer, serán motivo de reemplazo de los materiales afectados.

II. Una vez superada la prueba anterior, proceder a realizar la prueba de estanqueidad a zanja abierta, sometiendo a la tubería a una presión igual a dos metros de columna de agua (2 m.c.a.) o la presión que se quiera probar, medida sobre el intradós del punto más alto del tramo que se prueba.

En caso de presencia de agua subterránea, la presión de prueba deberá ser de 2 m.c.a. o la presión que se quiera probar por encima del nivel promedio del agua subterránea encontrada en las adyacencias.

Mantener la presión durante 30 minutos como mínimo y verificar que no haya pérdidas.

En caso de que algún tubo o unión presente exudaciones o pérdidas visibles, se deberán identificar, se extraerá el agua de la tubería y se procederá a su reparación o reemplazo.

7.3.2. Prueba con aire

En el caso en el que hacer la prueba de estanqueidad con agua sea complicado, puede optarse por realizar una prueba neumática a baja presión.

Sin embargo, deberá tenerse en cuenta que esta prueba con aire puede ser peligrosa para el personal si, por falta de comprensión o descuido, la conducción se somete a un exceso de presión o si los tapones y tapas no están adecuadamente instalados. Es muy importante instalar adecuadamente los distintos tapones para impedir la repentina expulsión de uno mal instalado o

parcialmente inflado.

En función de lo anterior se deberán mantener las siguientes precauciones mínimas de seguridad:

- a) No se deberá permitir el ingreso de personas a las bocas de acceso o pozo de inspección durante la prueba.
- b) Se deberán instalar y asegurar adecuadamente todas las tapas y tapones.
- c) No se deberá aplicar demasiada presión a la tubería. En ningún momento la presión deberá ser mayor que 0,06 MPa.
- d) Despresurizar primero la línea, antes que los tapones, para evitar accidentes.

Para realizar la prueba se necesitará el siguiente instrumental:

- **Tapones:** tipo neumático o mecánico.
- **Compresor de aire:** fuente de aire adecuadamente calibrada, sin aceite, con un panel de control único con válvula principal de cierre, válvula de control de presión y válvula de liberación de presión. Medidor de presión de entrada y un medidor de presión de monitoreo continuo con un rango entre 0 kPa y 69 kPa con divisiones mínimas de 0,7 kPa y una precisión de $\pm 0,28$ kPa.
- **Rotámetro:** con una precisión de ± 2 %.

Previo a la prueba se dan las siguientes recomendaciones:

- a) Limpiar la sección de la tubería a ser probada por descarga (“flushing”) u otros medios antes de efectuar la prueba.
- b) Probar los tapones y todas las conexiones antes de iniciar la prueba; esto puede hacerse en un tramo de tubería sin instalar, sellando sus extremos con los tapones por revisar. Se presuriza a 0,06 Mpa y los tapones no se deberán mover. No debe haber personas en el alineamiento de la tubería durante la prueba.
- c) Colocar primero el tapón del extremo aguas arriba del tramo, para impedir que el agua penetre y se acumule en la línea de prueba. Esto es importante cuando se tienen altos niveles de aguas freáticas.

Un procedimiento posible para realizar la prueba es el siguiente:

- I. Introducir el aire lentamente hasta alcanzar los 0,03 MPa. Mantener dicha presión durante 2 min para lograr la estabilización del aire con paredes. Durante la estabilización la presión no debe caer por debajo de los 0,024 MPa.
- II. Una vez estabilizada la tubería, apagar el compresor y se bajará la presión hasta los 0,024 MPa. Alcanzado dicho valor, dar por iniciado el ensayo registrando la evolución de la presión en el tiempo.

Determinar el tiempo necesario para que la presión disminuya de 0,024 MPa a 0,017 MPa, que debe ser mayor que el tiempo mínimo permisible para lograr dicha pérdida de presión tal como se establece en la Tabla 7.1, de acuerdo con el diámetro de

la tubería.

Para tramos de tubos con largos diferentes a los especificados en la tabla, utilizar la ecuación siguiente:

$$t = 1,02 D \frac{k}{Q}$$

Siendo:

t: el tiempo de prueba permisible para una caída de presión de 0,007 Mpa, en segundos

D: el diámetro interno de la tubería, en milímetros

k: un factor igual a $0,00005412 \cdot D \cdot l$, adimensional. En caso de que resulte menor que 1, se debe adoptar 1.

l: el largo del tubo, en metros

Q: la pérdida admisible, igual a $0,0005 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$

III. Al terminar la prueba, abrir la válvula de venteo para permitir el escape del aire que se encuentra presurizado en el interior de la tubería. Los tapones no deberán retirarse hasta que toda la presión de aire en la sección de prueba sea igual a la presión atmosférica.

7.4. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Estas pruebas deberán realizarse toda vez que las tuberías queden debajo del nivel de la napa freática y se deberán hacer con la tubería tapada hasta el nivel del terreno natural.

Una prueba posible consiste en tapar todos los potenciales ingresos y, cuando la tubería se encuentre totalmente seca, medir el volumen de agua ingresado, que no debería superar el valor siguiente:

$$V_2 = 0,001 \cdot L \cdot D \cdot h$$

Siendo:

V₂: volumen de infiltración admisible, en m³

L: longitud del tramo, en metros

D: diámetro interior de la tubería, en metros

H: altura de la napa sobre el eje de la tubería, en metros

Si el valor de infiltración excede el mínimo estipulado no se considerará aprobada la instalación del tramo correspondiente.

Diám. nom. DN (mm)	Tiempo de ensayo para diferentes largos de tuberías (h:min:s)						
	Largo de tubería (m)						
	18	24	36	48	60	72	84
100				00:03:46			
150				00:05:40			
200				00:07:34			
250			00:09:26				00:10:54
300			00:11:20			00:13:28	00:15:42
375		00:14:10			00:17:32	00:21:02	00:24:32
450		00:17:00		00:20:11	00:25:14	00:30:17	00:35:20
600	00:22:40		00:26:55	00:35:54	00:44:52	00:53:51	01:02:49
750	00:28:20		00:42:04	00:56:32	01:10:06	01:24:08	01:38:09
900	00:34:00	00:40:23	01:00:34	01:20:46	01:40:57	02:01:09	02:21:20

Diám. nom. DN (mm)	Tiempo de ensayo para diferentes largos de tuberías (h:min:s)						
	Largo de tubería (m)						
	96	108	120	132	144	168	204
100							00:04:59
150				00:06:10	00:06:44	00:07:51	00:09:32
200	00:04:59	00:08:58	00:09:58	00:10:58	00:11:58	00:13:58	00:16:57
250	00:12:28	00:14:01	00:15:35	00:17:08	00:18:42	00:21:49	00:26:29
300	00:17:57	00:20:11	00:22:26	00:24:41	00:26:55	00:31:24	00:38:08
375	00:28:03	00:31:33	00:35:03	00:38:34	00:42:40	00:49:04	00:59:35
450	00:40:23	00:45:26	00:50:29	00:55:31	01:00:34	01:10:40	01:25:49
600	01:11:47	01:20:46	01:29:44	01:38:43	01:47:41	02:05:38	02:32:33
750	01:09:32	02:06:12	02:20:13	02:34:14	02:48:15	03:16:18	03:58:22
900	02:41:32	03:01:43	03:21:54	03:42:06	04:02:17	04:42:40	05:43:15

Tabla 7.1. Tiempo mínimo permisible para lograr una pérdida de presión de 0,007 MPa



ANEXO I: ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DEL PVC-U

DESEMPEÑO/DURABILIDAD PROBADOS

El análisis de gran cantidad de estudios realizados en todo el mundo sobre tuberías de PVC-U que, luego de haber estado en operación en forma continua durante más de 25 a 30 años, fueron desenterradas y sometidas a ensayos arrojaron las siguientes conclusiones:

- Las tuberías de PVC-U son las que han sufrido históricamente la menor tasa de roturas en redes de agua.
- Después de más de 35 años de funcionamiento, las tuberías de PVC-U no sufrieron ninguna degradación, pérdida de resistencia ni cambios en sus propiedades mecánicas debido al envejecimiento después de décadas de servicio operativo. Tanto la ductilidad como la resistencia a la presión interna siguieron al mismo nivel que las tuberías nuevas.
- Las tuberías de PVC-U ofrecen un alto grado de resistencia en condiciones de congelación y después de 25 años cumplen prácticamente todos los mismos requisitos que las tuberías nuevas.
- Debido a lo anterior, así como del resultado de análisis de propagación lenta de fisuras y ensayos de fatiga, se concluye que 100 años de vida útil es una estimación conservadora para una tubería de PVC-U correctamente diseñada e instalada (afirmación confirmada por la "Water Research Foundation" de EE. UU.).



Fuente: "PVC Pipe Longevity Report – A Comprehensive Study on PVC Pipe Excavations, Testing and Life Cycle Analysis". Buried Structures Laboratory, Utah State University. Mayo de 2014.

MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS (CORTO Y LARGO PLAZO)

El PVC-U presenta parámetros mecánicos (módulo E, tensiones admisibles de tracción/compresión) más elevados que otros plásticos. Por lo tanto, una tubería de este material necesita espesores de pared más bajos (menos volumen) para lograr una resistencia similar que otros materiales termoplásticos.

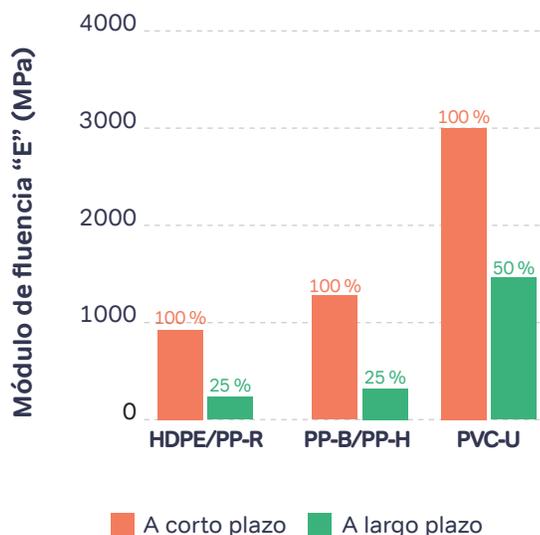
MATERIAL	GRAVEDAD ESPECÍFICA	MÓDULO DE ELASTICIDAD A LA TRACCIÓN {GPa (ksi)}	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN {MPa (ksi)}	LÍMITE DE DEFORMACIÓN {MPa (ksi)}
Polietileno (baja densidad)	0,917-0,932	0,17-0,28 (25-41)	8,3-31,4 (1,2-4,55)	9,0-14,5 (1,3-2,1)
Polietileno (alta densidad)	0,952-0,965	1,06-1,09 (155-158)	22,1-31,0 (3,2-4,5)	26,2-33,1 (3,8-4,8)
Policloruro de vinilo	1,30-1,58	2,4-4,1 (350-600)	40,7-51,7 (5,9-7,5)	40,7-44,8 (5,9-6,5)
Politetrafluoroetileno	2,14-2,20	0,40-0,55 (58-80)	20,7-34,5 (3,0-5,0)	-
Polipropileno	0,90-0,91	1,14-1,55 (165-225)	31-41,4 (4,5-6,0)	31,0-37,2 (4,5-5,4)
Poliestireno	1,04-1,05	2,28-3,28 (330-475)	35,9-51,7 (5,2-7,5)	-

Además, el PVC-U sufre en menor medida el fenómeno de “creep” que otros materiales plásticos, por lo que presenta menor variación en los valores de resistencia estructural (tensión última, rigidez anular, rigidez longitudinal) frente a cargas sostenidas en el tiempo.

Por ejemplo, se sabe que, frente a una carga constante, el valor del módulo “E” del PVC-U disminuirá aproximadamente a un 50 % de su valor inicial luego de 50 años, mientras que el valor del módulo “E” de los materiales pertenecientes a las poliolefinas no solo parte de valores inferiores, sino que en 50 años se reducirá al 25 % de su valor inicial.

Módulo de fluencia “E” (MPa)

Valores recomendados, norma ATV A127 (Tabla 3)



Este efecto se traduce en forma directa en la variación de la rigidez anular o longitudinal de las tuberías a largo plazo. Por lo tanto, en caso de preverse cargas ovalizantes (presión hidrostática, por ejemplo) en el largo plazo, para obtener una resistencia de largo plazo equivalente a la del PVC-U, se deberían seleccionar tubos de poliolefinas con una rigidez SN del doble de valor. Es decir que una tubería de PVC-U de rigidez anular SN4 sería comparable, para cargas de largo plazo, a una tubería de PE o PP de rigidez anular SN8 (en ambos casos, la rigidez anular de largo plazo rondaría los 2 kN/m²). Caso contrario, las deformaciones resultantes para el mismo nivel de carga para las poliolefinas serán bastante más notorias que para el caso del PVC-U.

ENSAYO COMPARATIVO DE DEFLEXIÓN LONGITUDINAL FRENTE A CARGA CONSTANTE, CON LA TUBERÍA ACTUANDO COMO VIGA SIMPLEMENTE APOYADA.



10 minutos



14 horas



72 horas

ALTA RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS

Dado que la cadena principal del polímero está formada por enlaces simples de átomos de carbono, el PVC-U tiene una excelente resistencia a productos químicos.

Descripción general de la resistencia de las resinas a productos químicos a 20 °C:

E	EXCELENTE: Ácidos (diluidos/débiles), bases/álcalis
30 días de exposición constante no causan daños. El plástico puede tolerarse durante años.	
G	BUENA: Ácidos (fuertes/concentrados). Alcohol, aldehídos, hidrocarburos (alifáticos), oxidantes (fuertes).
Poco o ningún daño después de 30 días de exposición constante al reactivo.	
F	JUSTA: Cetonas (aromáticas)
Algunos efectos después de 7 días del reactivo. El efecto puede ser agrietamiento, pérdida de resistencia o decoloración.	
N	NO RECOMENDABLE: Ésteres, hidrocarburos (aromáticos y halogenados).
No recomendable. Pueden ocurrir daños inmediatos. Dependiendo del plástico, el efecto puede ser agrietamiento severo, agrietamiento, pérdida de resistencia, decoloración, deformación, disolución o pérdida de permeación.	

	ETFE	FEP/TFE/PFA	FLPE	FLPP	HDPE	LDPE	PC	PETG	PP	PVC-U	TIPO**
Ácidos, diluidos o débiles.	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	G
Ácidos,** fuertes/concentrados	E	E	G	G	G	G	G	N	G	G	F
Alcoholes alifáticos	E	E	E	E	E	E	G	G	E	G	E
Aldehídos	E	E	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Bases/álcalis	E	E	F	E	E	E	N	N	E	E	F
Ésteres	G	E	G	G	G	G	N	G	G	N	N
Hidrocarburos alifáticos	E	E	E	G	G	F	G	G	G	G	E
Hidrocarburos aromáticos	G	E	E	N	N	N	N	N	N	N	N
Hidrocarburos halogenados	G	E	G	F	N	N	N	N	N	N	F
Cetonas aromáticas	G	E	G	G	N	N	N	N	N	F	N
Agentes oxidantes, fuertes.	E	E	F	F	F	F	F	F	F	G	N

*no apto para tubos con resistencia química (excepto pvc-u)
 **excepto ácidos oxidantes (ver agentes oxidantes, fuertes)
 ***Juntas de TPE

En el ANEXO II puede verse la tabla de compuestos químicos a los que resiste el material sin inconvenientes.

MENOR MANTENIMIENTO

La experiencia y la investigación demuestran que la tubería de alcantarillado de PVC-U proporciona soluciones confiables frente a muchos problemas comunes de mantenimiento de este tipo de conducciones:

• Intrusión de raíces

Tanto la experiencia de campo como los datos de laboratorio demuestran claramente que las tuberías de alcantarillado de PVC-U con juntas elastoméricas, instaladas correctamente, no sufren la intrusión de raíces. Por lo tanto, el uso de sierras o sinfines para la eliminación de raíces en tuberías de alcantarillado de PVC-U no se considera necesario.

• Infiltración

La tubería de alcantarillado de PVC-U con juntas elastoméricas puede satisfacer fácilmente el requisito habitual del límite máximo de infiltración de 50 galones por pulgada de diámetro por milla por día.

• Acumulación de limos y corrosión

El policloruro de vinilo (PVC-U) es esencialmente inerte en presencia de ácido sulfúrico diluido. En consecuencia, el advenimiento de condiciones corrosivas severas posteriores a la acumulación de limo no es un problema en las tuberías de alcantarillado de este material.

• Deposición de grasa

No hay problemas particulares en la limpieza de tuberías de alcantarillado de PVC-U con depósitos de grasa durante largos períodos de tiempo (10 a 15 años) con limpiadores hidráulicos de alta presión o herramientas de limpieza mecánica.

• Obstrucciones

Los datos de laboratorio y la experiencia de campo demuestran que la tubería de alcantarillado de PVC-U se puede limpiar con dispositivos mecánicos sin dificultad.

• Abrasión

La investigación realizada en la Universidad Técnica de Darmstadt (Alemania Occidental) demostró que la resistencia del PVC-U a la abrasión está dentro de los más altos entre los diferentes materiales de tubos, al mismo nivel de arcilla vitrificada y muy superior al hormigón.



ANEXO II: TABLA DE RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS

NOTA: los datos que figuran en la tabla deben tomarse como una guía. En caso de duda comunicarse con la Oficina de Gestión de Servicio al Cliente de MEXICHEM ARGENTINA S.A.

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN					
E= excelente	B= buena	R= regular	NR= no recomendable	I= información no comprobada	
Descripción	23 °C	60 °C	Descripción	23 °C	60 °C
Aceite de algodón	E	E	Ácido dicloroacético	E	E
Aceite de risino	E	E	Ácido esteárico	B	B
Aceite de linaza	E	E	Ácido fluorhídrico 10 %	E	NR
Aceite de lubricante	E	E	Ácido fluorhídrico 50 %	E	E
Aceites minerales	E	B	Ácido fórmico	E	E
Aceites y grasas	E	B	Ácido fosfórico 25-85 %	E	E
Acetaldehído	NR	NR	Ácido gálico	E	E
Acetato de amilo	NR	NR	Ácido glicólico	E	E
Acetato de butilo	NR	NR	Ácido hipocloroso	E	E
Acetato de etilo	NR	NR	Ácido láctico 25 %	E	E
Acetato de plomo	E	E	Ácido láurico	E	E
Acetato de sodio	E	E	Ácido linoleico	E	E
Acetato de vinilo	NR	NR	Ácido maleico	E	E
Acetileno	I	I	Ácido málico	E	E
Acetona	NR	NR	Ácido metusulfónico	E	E
Ácido acético 80 %	B	NR	Ácido nicotínico	E	NR
Ácido acético 20 %	E	NR	Ácido nítrico 10 %	NR	NR
Ácido antraquinosulfónico	E	E	Ácido nítrico 66 %	NR	NR
Ácido artisuulfónico	R	NR	Ácido oleico	E	E
Ácido arsénico	E	B	Ácido oxálico	E	E
Ácido bencensulfónico 10 %	E	E	Ácido palmítico 10 %	E	E
Ácido benzoico	E	E	Ácido palmítico 70 %	NR	NR
Ácido bórico	E	E	Ácido peracético 40 %	NR	NR
Ácido bromhídrico 20 %	E	E	Ácido perclórico 10 %	E	E
Ácido brómico	E	E	Ácido perclórico 70 %	NR	NR
Ácido butírico	R	NR	Ácido pícrico	NR	NR
Ácido carbónico	E	E	Ácido selénico	I	I
Ácido cianhídrico	E	E	Ácido silícico	E	E
Ácido cítrico	E	E	Ácido sulfuroso	E	E
Ácido clorhídrico 20 %	I	I	Ácido sulfúrico 10 %	E	E
Ácido clorhídrico 50 %	E	E	Ácido sulfúrico 75 %	E	E
Ácido clorhídrico 80 %	E	E	Ácido sulfúrico 90 %	NR	NR
Ácido cloracético 10 %	B	R	Ácido sulfúrico 96 %	NR	NR
Ácido clorosulfónico	E	I	Ácido tánico	E	E
Ácido cresílico 99 %	B	NR	Ácido tartárico	E	E
Ácido crómico 10 %	E	E	Ácidos grasos	E	E

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN
E= excelente B= buena R= regular NR= no recomendable I= información no comprobada

Descripción	23 °C		60 °C		Descripción	23 °C		60 °C	
	Ácido crómico 30 %	E		NR			Acrilato de etilo	NR	
Ácido crómico 50 %	B		NR		Agua de bromo	R		NR	
Agua de mar	E		E		Carbonato de calcio	E		E	
Agua potable	E		E		Carbonato de magnesio	E		E	
Agua regia	R		NR		Carbonato de potasio	B		B	
Alcohol alílico 96 %	NR		NR		Carbonato de sodio (sosa Ash)	E		E	
Alcohol amílico	R		NR		Celulosa	R		NR	
Alcohol butílico	B		NR		Cianuro de cobre	E		E	
Alcohol etílico	E		E		Cianuro de plata	E		E	
Alcohol metílico	E		E		Cianuro de potasio	E		E	
Alcohol propargílico	I		NR		Cianuro de sodio	E		E	
Alcohol propílico	B		NR		Cianuro de mercurio	B		B	
Amoníaco (gas-seco)	E		E		Ciclohexano	NR		NR	
Amoníaco (cloruro de amonio)	E		NR		Ciclohexanol	NR		NR	
Anhídrico acético	NR		NR		Clorato de Calcio	E		E	
Anilina	NR		NR		Clorato de sodio	I		I	
Antraquinona	E		I		Cloro (acuoso) Z	E		NR	
Benceno	NR		NR		Cloro (húmedo)	E		R	
Benzoato de sodio	B		R		Cloro (seco)	E		NR	
Bicarbonato de potasio	E		E		Clorobenceno	NR		NR	
Bicarbonato de sodio	E		E		Cloroformo	NR		NR	
Bicromato de potasio	E		E		Cloruro de alilo	NR		NR	
Bifluoruro de amonio	E		E		Cloruro de aluminio	E		E	
Bifluoruro de calcio	E		E		Cloruro de amonio	NR		E	
Bisulfato de sodio	E		E		Cloruro de amilo	NR		NR	
Blanqueador 12,5 %	B		R		Cloruro de bario	E		E	
Borato de potasio	E		E		Cloruro de calcio	E		E	
Bórax	E		B		Cloruro de cobre	E		E	
Bromato de potasio	E		E		Cloruro de etilo	NR		NR	
Bromo (líquido)	NR		NR		Cloruro de fenilhidrazina	R		NR	
Bromuro de etileno	NR		NR		Cloruro de magnesio	E		E	
Bromuro de Potasio	E		B		Cloruro de metileno	NR		NR	
Bromuro de sodio	I		I		Cloruro de metilo	NR		NR	
Butadieno	R		NR		Cloruro de níquel	E		E	
Butano	I		I		Cloruro de potasio	E		E	
Butanodiol	I		I		Cloruro de sodio	E		E	
Butilfenol	B		NR		Cloruro de tionilo	NR		NR	
Butileno	E		I		Cloruro de zinc	E		E	
Carbonato de amonio	E		E		Cloruro estánico	E		E	
Carbonato de bario	E		E		Cloruro estanoso	E		E	

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

E= excelente		B= buena		R= regular		NR= no recomendable		I= información no comprobada	
Descripción		23 °C	60 °C	Descripción		23 °C	60 °C		
Cloruro férrico		E	E	Gasolina		NR	NR		
Cloruro ferroso		E	E	Gelatina		E	E		
Cloruro láurico		I	I	Glicerina glicerol		E	E		
Cloruro mercúrico		B	B	Glicol		E	E		
Cresol		NR	NR	Glucosa		E	E		
Crotonaldehido		NR	NR	Heptano		I	I		
Dextrosa		E	E	Hexano		NR	I		
Dicloruro de etileno		NR	NR	Hexanol (terciario)		R	NR		
Dicromato de potasio		E	E	Hidrógeno		E	E		
Dicromato de sodio		B	R	Hidroquinina		E	E		
Dimetilamina		NR	NR	Hidróxido de aluminio		E	E		
Dióxido de azufre (húmedo)		NR	NR	Hidróxido de amonio		E	E		
Dióxido de azufre (seco)		E	E	Hidróxido de bario 10 %		E	E		
Dióxido de carbono		E	E	Hidróxido de calcio		E	E		
Disulfuro de carbono		NR	NR	Hidróxido de magnesio		E	E		
Éter etílico		NR	NR	Hidróxido de potasio		E	E		
Etilénglicol		E	E	Hipoclorito de calcio		E	E		
Fenol		NR	NR	Hipoclorito de sodio		E	E		
Ferricianuro de potasio		E	E	Kerosina		E	E		
Ferricianuro de sodio		E	I	Leche		E	E		
Ferrocianuro de sodio		E	E	Licor blanco		E	E		
Ferrocianuro de potasio		E	E	Licor Lanning		E	E		
Flúor (gas húmedo)		E	E	Melaza		E	E		
Fluoruro de aluminio		E	E	Mercurio		B	B		
Fluoruro de amonio 25 %		NR	NR	Metafosfato de amonio		E	E		
Fluoruro de cobre		E	E	Metiletilcetona		NR	NR		
Fluoruro de potasio		E	E	Monóxido de carbono		E	E		
Fluoruro de sodio		I	I	Nafta		E	NR		
Formaldehído		E	R	Nicotina		I	I		
Fosfato disódico		E	E	Nitrato de aluminio		E	E		
Fosfato trisódico		E	E	Nitrato de amonio		E	E		
Fosgeno (gas)		E	E	Nitrato de calcio		E	E		
Fosgeno (líquido)		NR	NR	Nitrato de cobre		E	E		
Freón-12		I	I	Nitrato de magnesio		E	E		
Fructosa		E	E	Nitrato de níquel		E	E		
Frutas (jugos, pulpas)		E	E	Nitrato de potasio		E	E		
Furfural		NR	NR	Nitrato de sodio		E	E		
Gas natural		E	E	Nitrato de zinc		E	E		

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

E= excelente		B= buena		R= regular		NR= no recomendable		I= información no comprobada	
Descripción		23 °C	60 °C	Descripción		23 °C	60 °C		
Nitrato férrico		E	E	Sulfito de bario		E	E		
Nitrato mercuroso		B	B	Sulfuro de hidrógeno		E	E		
Nitrobenceno		NR	NR	Sulfuro de sodio		E	E		
Nitrito de sodio		E	E	Tetracloruro de carbono		NR	NR		
Ocenol		I	I	Tetracloruro de titanio		B	NR		
Óleum		NR	NR	Tetraetilo de plomo		I	I		
Oxiclورو de aluminio		E	E	Tiocianato de amonio		E	E		
Óxido nitroso		E	E	Tiosulfato de sodio		E	E		
Oxígeno		E	E	Tolueno		NR	NR		
Pentóxido de fósforo		I	I	Tributilfosfato		NR	NR		
Perborato de potasio		E	E	Tricloruro de fósforo		NR	NR		
Perclorato de potasio		E	E	Trietanolamina		B	NR		
Permanganato de potasio 10 %		B	B	Trietanol propano		B	NR		
Peróxido de hidrógeno 30 %		E	I	Trióxido de azufre		B	E		
Persulfato de amonio		E	E	Urea		E	E		
Persulfato de potasio		E	E	Vinagre		E	NR		
Petróleo crudo		E	E	Vinos		E	E		
Potasa cáustica		E	E	Whisky		E	E		
Propano		E	I	Xileno		NR	NR		
Soluciones electrolíticas		E	E						
Soluciones fotográficas		E	E						
Soda cáustica		E	E						
Subcarbonato de bismuto		E	E						
Sulfato de aluminio		E	E						
Sulfato de amonio		E	E						
Sulfato de bario		E	E						
Sulfato de calcio		E	E						
Sulfato de cobre		E	E						
Sulfato de hidroxilamina		E	E						
Sulfato de magnesio		E	E						
Sulfato de metilo		E	R						
Sulfato de níquel		E	E						
Sulfato de potasio		E	E						
Sulfato de sodio		E	E						
Sulfato de zinc		E	E						
Sulfato férrico		E	E						
Sulfato ferroso		E	E						
Sulfito de sodio		E	E						

ANEXO III: CAUDALES Y VELOCIDADES

TUBO AMANCO NOVAFORT SN4

Capacidad Hidráulica - Condición Máxima Velocidad (h/D=0,8)

Coef.n: 0.01			Relac. h/D: 0.8			q (rad): 4.4286			
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.001	0.0056	0.39	0.044	0.0102	0.46	0.055	0.0183	0.53	0.069
0.002	0.0079	0.56	0.088	0.0144	0.65	0.110	0.0259	0.75	0.138
0.003	0.0097	0.68	0.132	0.0176	0.79	0.166	0.0317	0.92	0.207
0.004	0.0112	0.79	0.176	0.0203	0.92	0.221	0.0366	1.06	0.275
0.005	0.0125	0.88	0.221	0.0227	1.02	0.276	0.0410	1.19	0.344
0.006	0.0137	0.97	0.265	0.0249	1.12	0.331	0.0449	1.30	0.413
0.007	0.0148	1.04	0.309	0.0269	1.21	0.386	0.0485	1.41	0.482
0.008	0.0158	1.12	0.353	0.0287	1.30	0.441	0.0518	1.50	0.551
0.009	0.0168	1.18	0.397	0.0305	1.38	0.497	0.0550	1.59	0.620
0.010	0.0177	1.25	0.441	0.0321	1.45	0.552	0.0579	1.68	0.688
0.015	0.0217	1.53	0.662	0.0393	1.78	0.828	0.0710	2.06	1.033
0.020	0.0250	1.77	0.882	0.0454	2.05	1.104	0.0819	2.38	1.377
0.025	0.0280	1.97	1.103	0.0508	2.29	1.380	0.0916	2.66	1.721
0.030	0.0306	2.16	1.323	0.0556	2.51	1.655	0.1004	2.91	2.065
0.035	0.0331	2.34	1.544	0.0601	2.71	1.931	0.1084	3.14	2.409
0.040	0.0354	2.50	1.764	0.0643	2.90	2.207	0.1159	3.36	2.754
0.045	0.0375	2.65	1.985	0.0681	3.07	2.483	0.1229	3.56	3.098
0.050	0.0395	2.79	2.205	0.0718	3.24	2.759	0.1296	3.76	3.442
0.055	0.0415	2.93	2.426	0.0753	3.40	3.035	0.1359	3.94	3.786
0.060	0.0433	3.06	2.646	0.0787	3.55	3.311	0.1419	4.11	4.130
0.065	0.0451	3.18	2.867	0.0819	3.70	3.587	0.1477	4.28	4.475
0.070	0.0468	3.30	3.088	0.0850	3.83	3.863	0.1533	4.44	4.819
0.075	0.0484	3.42	3.308	0.0880	3.97	4.139	0.1587	4.60	5.163
0.080	0.0500	3.53	3.529	0.0909	4.10	4.414	0.1639	4.75	5.507
0.085	0.0515	3.64	3.749	0.0937	4.23	4.690	0.1689	4.90	5.851
0.090	0.0530	3.75	3.970	0.0964	4.35	4.966	0.1738	5.04	6.196
0.095	0.0545	3.85	4.190	0.0990	4.47	5.242	0.1786	5.18	6.540
0.100	0.0559	3.95	4.411	0.1016	4.58	5.518	0.1832	5.31	6.884
0.105	0.0573	4.05	4.631	0.1041	4.70	5.794	0.1877	5.44	7.228
0.110	0.0586	4.14	4.852	0.1065	4.81	6.070	0.1922	5.57	7.572
0.115	0.0600	4.23	5.072	0.1089	4.92	6.346	0.1965	5.70	7.916
0.120	0.0612	4.32	5.293	0.1113	5.02	6.622	0.2007	5.82	8.261
0.125	0.0625	4.41	5.514	0.1136	5.12	6.898	0.2048	5.94	8.605
0.130	0.0637	4.50	5.734	0.1158	5.23	7.173	0.2089	6.06	8.949
0.135	0.0650	4.59	5.955	0.1180	5.33	7.449	0.2129	6.17	9.293
0.140	0.0662	4.67	6.175	0.1202	5.42	7.725	0.2168	6.28	9.637

Coef.n: 0.01 Relac. h/D: 0.8 q (rad): 4.4286									
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.145	0.0673	4.75	6.396	0.1223	5.52	8.001	0.2206	6.40	9.982
0.150	0.0685	4.83	6.616	0.1244	5.61	8.277	0.2244	6.51	10.326
0.155	0.0696	4.91	6.837	0.1265	5.71	8.553	0.2281	6.61	10.670
0.160	0.0707	4.99	7.057	0.1285	5.80	8.829	0.2318	6.72	11.014
0.165	0.0718	5.07	7.278	0.1305	5.89	9.105	0.2354	6.82	11.358
0.170	0.0729	5.15	7.498	0.1325	5.98	9.381	0.2389	6.93	11.703
0.175	0.0740	5.22	7.719	0.1344	6.06	9.657	0.2424	7.03	12.047
0.180	0.0750	5.30	7.939	0.1363	6.15	9.933	0.2458	7.13	12.391
0.185	0.0760	5.37	8.160	0.1382	6.23	10.208	0.2492	7.22	12.735
0.190	0.0771	5.44	8.381	0.1400	6.32	10.484	0.2526	7.32	13.079
0.195	0.0781	5.51	8.601	0.1419	6.40	10.760	0.2559	7.42	13.424
0.200	0.0791	5.58	8.822	0.1437	6.48	11.036	0.2591	7.51	13.768
0.205	0.0800	5.65	9.042	0.1455	6.56	11.312	0.2623	7.61	14.112
0.210	0.0810	5.72	9.263	0.1472	6.64	11.588	0.2655	7.70	14.456
0.215	0.0820	5.79	9.483	0.1490	6.72	11.864	0.2687	7.79	14.800
0.220	0.0829	5.86	9.704	0.1507	6.80	12.140	0.2718	7.88	15.145
0.225	0.0839	5.92	9.924	0.1524	6.88	12.416	0.2748	7.97	15.489
0.230	0.0848	5.99	10.145	0.1541	6.95	12.692	0.2779	8.06	15.833
0.235	0.0857	6.05	10.365	0.1557	7.03	12.967	0.2809	8.14	16.177
0.240	0.0866	6.12	10.586	0.1574	7.10	13.243	0.2838	8.23	16.521
0.245	0.0875	6.18	10.806	0.1590	7.17	13.519	0.2868	8.31	16.866
0.250	0.0884	6.24	11.027	0.1606	7.25	13.795	0.2897	8.40	17.210
0.255	0.0893	6.30	11.248	0.1622	7.32	14.071	0.2926	8.48	17.554
0.260	0.0901	6.37	11.468	0.1638	7.39	14.347	0.2954	8.56	17.898
0.265	0.0910	6.43	11.689	0.1654	7.46	14.623	0.2983	8.65	18.242
0.270	0.0919	6.49	11.909	0.1669	7.53	14.899	0.3011	8.73	18.587
0.275	0.0927	6.55	12.130	0.1685	7.60	15.175	0.3038	8.81	18.931
0.280	0.0936	6.61	12.350	0.1700	7.67	15.451	0.3066	8.89	19.275
0.285	0.0944	6.66	12.571	0.1715	7.74	15.726	0.3093	8.97	19.619
0.290	0.0952	6.72	12.791	0.1730	7.81	16.002	0.3120	9.05	19.963
0.295	0.0960	6.78	13.012	0.1745	7.87	16.278	0.3147	9.12	20.307
0.300	0.0968	6.84	13.232	0.1760	7.94	16.554	0.3173	9.20	20.652

DN 315 mm			DN 355 mm			Di (mm)	DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.0343	0.62	0.087	0.0466	0.67	0.098	363	0.0646	0.73	0.110
0.0486	0.88	0.174	0.0659	0.95	0.195	363	0.0914	1.03	0.221
0.0595	1.08	0.261	0.0807	1.16	0.293	363	0.1119	1.26	0.331
0.0687	1.24	0.348	0.0932	1.34	0.391	363	0.1292	1.46	0.442
0.0768	1.39	0.436	0.1042	1.50	0.489	363	0.1445	1.63	0.552
0.0841	1.52	0.523	0.1142	1.64	0.586	363	0.1582	1.78	0.663
0.0908	1.64	0.610	0.1233	1.77	0.684	363	0.1709	1.93	0.773
0.0971	1.76	0.697	0.1319	1.90	0.782	363	0.1827	2.06	0.883
0.1030	1.86	0.784	0.1399	2.01	0.879	363	0.1938	2.18	0.994
0.1086	1.97	0.871	0.1474	2.12	0.977	363	0.2043	2.30	1.104
0.1330	2.41	1.307	0.1806	2.60	1.466	363	0.2502	2.82	1.656
0.1536	2.78	1.742	0.2085	3.00	1.954	363	0.2889	3.26	2.208
0.1717	3.11	2.178	0.2331	3.35	2.443	363	0.3230	3.64	2.761
0.1881	3.40	2.614	0.2553	3.67	2.931	363	0.3538	3.99	3.313
0.2031	3.68	3.049	0.2758	3.97	3.420	363	0.3822	4.31	3.865
0.2172	3.93	3.485	0.2948	4.24	3.908	363	0.4086	4.60	4.417
0.2303	4.17	3.920	0.3127	4.50	4.397	363	0.4334	4.88	4.969
0.2428	4.39	4.356	0.3296	4.74	4.885	363	0.4568	5.15	5.521
0.2546	4.61	4.792	0.3457	4.98	5.374	363	0.4791	5.40	6.073
0.2660	4.81	5.227	0.3611	5.20	5.862	363	0.5004	5.64	6.625
0.2768	5.01	5.663	0.3758	5.41	6.351	363	0.5208	5.87	7.177
0.2873	5.20	6.098	0.3900	5.61	6.839	363	0.5405	6.09	7.730
0.2974	5.38	6.534	0.4037	5.81	7.328	363	0.5595	6.30	8.282
0.3071	5.56	6.970	0.4170	6.00	7.817	363	0.5778	6.51	8.834
0.3166	5.73	7.405	0.4298	6.18	8.305	363	0.5956	6.71	9.386
0.3257	5.90	7.841	0.4423	6.36	8.794	363	0.6129	6.90	9.938
0.3347	6.06	8.276	0.4544	6.54	9.282	363	0.6296	7.09	10.490
0.3434	6.21	8.712	0.4662	6.71	9.771	363	0.6460	7.28	11.042
0.3518	6.37	9.148	0.4777	6.87	10.259	363	0.6620	7.46	11.594
0.3601	6.52	9.583	0.4889	7.04	10.748	363	0.6775	7.63	12.146
0.3682	6.66	10.019	0.4999	7.19	11.236	363	0.6928	7.81	12.699
0.3761	6.81	10.455	0.5107	7.35	11.725	363	0.7077	7.97	13.251
0.3839	6.95	10.890	0.5212	7.50	12.213	363	0.7223	8.14	13.803
0.3915	7.09	11.326	0.5315	7.65	12.702	363	0.7366	8.30	14.355
0.3989	7.22	11.761	0.5417	7.79	13.190	363	0.7506	8.46	14.907
0.4063	7.35	12.197	0.5516	7.94	13.679	363	0.7644	8.61	15.459

DN 315 mm			DN 355 mm			Di (mm)	DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.4135	7.48	12.633	0.5614	8.08	14.167	363	0.7779	8.76	16.011
0.4205	7.61	13.068	0.5710	8.22	14.656	363	0.7912	8.91	16.563
0.4275	7.74	13.504	0.5804	8.35	15.145	363	0.8043	9.06	17.115
0.4343	7.86	13.939	0.5897	8.49	15.633	363	0.8171	9.21	17.668
0.4411	7.98	14.375	0.5988	8.62	16.122	363	0.8298	9.35	18.220
0.4477	8.10	14.811	0.6078	8.75	16.610	363	0.8423	9.49	18.772
0.4542	8.22	15.246	0.6167	8.87	17.099	363	0.8546	9.63	19.324
0.4607	8.34	15.682	0.6254	9.00	17.587	363	0.8667	9.77	19.876
0.4670	8.45	16.117	0.6341	9.12	18.076	363	0.8787	9.90	20.428
0.4733	8.57	16.553	0.6426	9.25	18.564	363	0.8905	10.03	20.980
0.4795	8.68	16.989	0.6510	9.37	19.053	363	0.9021	10.16	21.532
0.4856	8.79	17.424	0.6593	9.49	19.541	363	0.9136	10.29	22.084
0.4916	8.90	17.860	0.6675	9.60	20.030	363	0.9249	10.42	22.637
0.4976	9.01	18.295	0.6756	9.72	20.518	363	0.9362	10.55	23.189
0.5035	9.11	18.731	0.6836	9.84	21.007	363	0.9472	10.67	23.741
0.5093	9.22	19.167	0.6915	9.95	21.496	363	0.9582	10.80	24.293
0.5150	9.32	19.602	0.6993	10.06	21.984	363	0.9690	10.92	24.845
0.5207	9.42	20.038	0.7070	10.17	22.473	363	0.9797	11.04	25.397
0.5264	9.53	20.473	0.7146	10.28	22.961	363	0.9903	11.16	25.949
0.5319	9.63	20.909	0.7222	10.39	23.450	363	1.0008	11.28	26.501
0.5374	9.73	21.345	0.7297	10.50	23.938	363	1.0112	11.39	27.053
0.5429	9.83	21.780	0.7371	10.61	24.427	363	1.0214	11.51	27.606
0.5483	9.92	22.216	0.7444	10.71	24.915	363	1.0316	11.62	28.158
0.5536	10.02	22.651	0.7517	10.82	25.404	363	1.0417	11.74	28.710
0.5589	10.12	23.087	0.7589	10.92	25.892	363	1.0516	11.85	29.262
0.5642	10.21	23.523	0.7660	11.02	26.381	363	1.0615	11.96	29.814
0.5694	10.31	23.958	0.7731	11.12	26.869	363	1.0713	12.07	30.366
0.5745	10.40	24.394	0.7801	11.23	27.358	363	1.0810	12.18	30.918
0.5797	10.49	24.829	0.7870	11.33	27.846	363	1.0906	12.29	31.470
0.5847	10.58	25.265	0.7939	11.42	28.335	363	1.1001	12.39	32.022
0.5897	10.67	25.701	0.8007	11.52	28.824	363	1.1096	12.50	32.575
0.5947	10.76	26.136	0.8074	11.62	29.312	363	1.1189	12.61	33.127

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.1178	0.8458	0.1383	0.2244	0.9936	0.1761	0.4291	1.1685	0.2246	0.7736	1.3540	0.2802
0.1666	1.1961	0.2766	0.3173	1.4052	0.3523	0.6069	1.6525	0.4492	1.0940	1.9148	0.5603
0.2040	1.4649	0.4150	0.3886	1.7210	0.5284	0.7433	2.0239	0.6738	1.3399	2.3451	0.8405
0.2356	1.6915	0.5533	0.4487	1.9872	0.7045	0.8583	2.3370	0.8985	1.5472	2.7079	1.1206
0.2634	1.8912	0.6916	0.5017	2.2218	0.8806	0.9596	2.6128	1.1231	1.7298	3.0275	1.4008
0.2885	2.0717	0.8299	0.5496	2.4339	1.0568	1.0512	2.8622	1.3477	1.8949	3.3165	1.6810
0.3116	2.2377	0.9682	0.5936	2.6289	1.2329	1.1354	3.0916	1.5723	2.0467	3.5822	1.9611
0.3331	2.3922	1.1065	0.6346	2.8104	1.4090	1.2138	3.3050	1.7969	2.1880	3.8296	2.2413
0.3534	2.5373	1.2449	0.6731	2.9808	1.5852	1.2874	3.5055	2.0215	2.3208	4.0619	2.5215
0.3725	2.6745	1.3832	0.7095	3.1421	1.7613	1.3571	3.6951	2.2462	2.4463	4.2816	2.8016
0.4562	3.2756	2.0748	0.8690	3.8483	2.6419	1.6620	4.5256	3.3692	2.9961	5.2439	4.2024
0.5267	3.7824	2.7663	1.0034	4.4436	3.5226	1.9192	5.2257	4.4923	3.4596	6.0551	5.6032
0.5889	4.2288	3.4579	1.1218	4.9681	4.4032	2.1457	5.8425	5.6154	3.8680	6.7698	7.0040
0.6451	4.6324	4.1495	1.2289	5.4423	5.2838	2.3505	6.4001	6.7385	4.2371	7.4159	8.4049
0.6968	5.0036	4.8411	1.3274	5.8783	6.1645	2.5388	6.9129	7.8616	4.5766	8.0101	9.8057
0.7449	5.3491	5.5327	1.4190	6.2842	7.0451	2.7141	7.3902	8.9847	4.8926	8.5632	11.2065
0.7901	5.6736	6.2243	1.5051	6.6654	7.9258	2.8787	7.8385	10.1077	5.1894	9.0826	12.6073
0.8329	5.9805	6.9158	1.5865	7.0259	8.8064	3.0345	8.2625	11.2308	5.4701	9.5739	14.0081
0.8735	6.2724	7.6074	1.6640	7.3689	9.6870	3.1826	8.6658	12.3539	5.7371	10.0412	15.4089
0.9123	6.5513	8.2990	1.7379	7.6965	10.5677	3.3241	9.0511	13.4770	5.9922	10.4877	16.8097
0.9496	6.8188	8.9906	1.8089	8.0108	11.4483	3.4598	9.4207	14.6001	6.2369	10.9160	18.2105
0.9854	7.0762	9.6822	1.8772	8.3132	12.3290	3.5904	9.7763	15.7231	6.4723	11.3281	19.6113
1.0200	7.3245	10.3738	1.9431	8.6050	13.2096	3.7164	10.1195	16.8462	6.6995	11.7256	21.0121
1.0535	7.5648	11.0653	2.0068	8.8872	14.0902	3.8383	10.4514	17.9693	6.9192	12.1102	22.4130
1.0859	7.7976	11.7569	2.0686	9.1607	14.9709	3.9565	10.7730	19.0924	7.1321	12.4829	23.8138
1.1174	8.0236	12.4485	2.1285	9.4263	15.8515	4.0712	11.0853	20.2155	7.3389	12.8448	25.2146
1.1480	8.2435	13.1401	2.1869	9.6846	16.7322	4.1827	11.3891	21.3385	7.5400	13.1968	26.6154
1.1778	8.4576	13.8317	2.2437	9.9362	17.6128	4.2914	11.6850	22.4616	7.7359	13.5396	28.0162
1.2069	8.6665	14.5233	2.2991	10.1815	18.4934	4.3974	11.9735	23.5847	7.9269	13.8740	29.4170
1.2353	8.8705	15.2148	2.3532	10.4211	19.3741	4.5008	12.2553	24.7078	8.1135	14.2005	30.8178
1.2631	9.0698	15.9064	2.4061	10.6553	20.2547	4.6020	12.5307	25.8309	8.2958	14.5196	32.2186
1.2903	9.2649	16.5980	2.4578	10.8845	21.1353	4.7010	12.8002	26.9540	8.4743	14.8319	33.6194
1.3169	9.4559	17.2896	2.5085	11.1090	22.0160	4.7979	13.0642	28.0770	8.6490	15.1377	35.0202
1.3429	9.6432	17.9812	2.5582	11.3290	22.8966	4.8929	13.3229	29.2001	8.8203	15.4375	36.4211
1.3685	9.8269	18.6728	2.6069	11.5448	23.7773	4.9861	13.5767	30.3232	8.9883	15.7316	37.8219
1.3936	10.0072	19.3643	2.6548	11.7566	24.6579	5.0776	13.8258	31.4463	9.1532	16.0203	39.2227

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
1.4183	10.1844	20.0559	2.7018	11.9647	25.5385	5.1675	14.0706	32.5694	9.3153	16.3038	40.6235
1.4425	10.3585	20.7475	2.7479	12.1693	26.4192	5.2558	14.3111	33.6924	9.4745	16.5826	42.0243
1.4664	10.5297	21.4391	2.7934	12.3704	27.2998	5.3427	14.5477	34.8155	9.6311	16.8567	43.4251
1.4899	10.6982	22.1307	2.8381	12.5684	28.1805	5.4282	14.7804	35.9386	9.7852	17.1264	44.8259
1.5130	10.8640	22.8223	2.8821	12.7632	29.0611	5.5124	15.0096	37.0617	9.9369	17.3919	46.2267
1.5357	11.0274	23.5138	2.9254	12.9552	29.9417	5.5953	15.2353	38.1848	10.0864	17.6535	47.6275
1.5581	11.1884	24.2054	2.9681	13.1443	30.8224	5.6770	15.4578	39.3079	10.2336	17.9112	49.0283
1.5802	11.3471	24.8970	3.0102	13.3308	31.7030	5.7575	15.6770	40.4309	10.3788	18.1653	50.4292
1.6020	11.5036	25.5886	3.0517	13.5146	32.5837	5.8369	15.8933	41.5540	10.5220	18.4159	51.8300
1.6235	11.6581	26.2802	3.0927	13.6961	33.4643	5.9153	16.1066	42.6771	10.6632	18.6631	53.2308
1.6448	11.8105	26.9718	3.1331	13.8751	34.3449	5.9926	16.3172	43.8002	10.8026	18.9070	54.6316
1.6657	11.9609	27.6633	3.1730	14.0519	35.2256	6.0689	16.5250	44.9233	10.9402	19.1479	56.0324
1.6864	12.1095	28.3549	3.2125	14.2264	36.1062	6.1443	16.7303	46.0463	11.0761	19.3858	57.4332
1.7068	12.2563	29.0465	3.2514	14.3989	36.9869	6.2188	16.9331	47.1694	11.2104	19.6208	58.8340
1.7270	12.4013	29.7381	3.2899	14.5693	37.8675	6.2924	17.1335	48.2925	11.3431	19.8530	60.2348
1.7470	12.5447	30.4297	3.3279	14.7377	38.7481	6.3651	17.3316	49.4156	11.4742	20.0825	61.6356
1.7668	12.6865	31.1213	3.3655	14.9042	39.6288	6.4371	17.5275	50.5387	11.6039	20.3094	63.0364
1.7863	12.8267	31.8128	3.4027	15.0689	40.5094	6.5082	17.7211	51.6617	11.7321	20.5338	64.4373
1.8056	12.9653	32.5044	3.4395	15.2319	41.3901	6.5786	17.9127	52.7848	11.8589	20.7558	65.8381
1.8247	13.1025	33.1960	3.4759	15.3930	42.2707	6.6482	18.1023	53.9079	11.9844	20.9755	67.2389
1.8436	13.2383	33.8876	3.5119	15.5526	43.1513	6.7171	18.2899	55.0310	12.1086	21.1928	68.6397
1.8623	13.3727	34.5792	3.5476	15.7105	44.0320	6.7853	18.4756	56.1541	12.2315	21.4080	70.0405
1.8809	13.5058	35.2708	3.5829	15.8668	44.9126	6.8528	18.6594	57.2772	12.3532	21.6210	71.4413
1.8992	13.6376	35.9623	3.6178	16.0216	45.7933	6.9196	18.8414	58.4002	12.4738	21.8320	72.8421
1.9174	13.7681	36.6539	3.6525	16.1749	46.6739	6.9859	19.0217	59.5233	12.5931	22.0409	74.2429
1.9354	13.8973	37.3455	3.6867	16.3268	47.5545	7.0514	19.2004	60.6464	12.7114	22.2478	75.6437
1.9532	14.0254	38.0371	3.7207	16.4773	48.4352	7.1164	19.3773	61.7695	12.8285	22.4529	77.0445
1.9709	14.1524	38.7287	3.7544	16.6264	49.3158	7.1808	19.5527	62.8926	12.9446	22.6561	78.4454
1.9884	14.2782	39.4203	3.7878	16.7742	50.1965	7.2447	19.7265	64.0156	13.0597	22.8575	79.8462
2.0058	14.4029	40.1118	3.8209	16.9207	51.0771	7.3079	19.8988	65.1387	13.1738	23.0571	81.2470
2.0230	14.5265	40.8034	3.8537	17.0659	51.9577	7.3707	20.0696	66.2618	13.2868	23.2550	82.6478
2.0401	14.6491	41.4950	3.8862	17.2099	52.8384	7.4329	20.2390	67.3849	13.3990	23.4513	84.0486

TUBO AMANCO NOVAFORT SN4
Capacidad Hidráulica - Condición Máximo Caudal (h/D=0,94)

Pendiente (m/m)	Coef.n: 0.01			Relac. h/l 0.94			q (rad): 5.2933		
	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.001	0.0062	0.38	0.042	0.0112	0.44	0.053	0.0202	0.51	0.066
0.002	0.0087	0.54	0.084	0.0158	0.63	0.105	0.0285	0.73	0.131
0.003	0.0107	0.66	0.126	0.0194	0.77	0.158	0.0349	0.89	0.197
0.004	0.0123	0.76	0.168	0.0224	0.89	0.210	0.0403	1.03	0.262
0.005	0.0138	0.85	0.210	0.0250	0.99	0.263	0.0451	1.15	0.328
0.006	0.0151	0.94	0.252	0.0274	1.09	0.315	0.0494	1.26	0.393
0.007	0.0163	1.01	0.294	0.0296	1.17	0.368	0.0533	1.36	0.459
0.008	0.0174	1.08	0.336	0.0316	1.25	0.420	0.0570	1.45	0.524
0.009	0.0185	1.15	0.378	0.0335	1.33	0.473	0.0605	1.54	0.590
0.010	0.0195	1.21	0.420	0.0354	1.40	0.525	0.0638	1.63	0.655
0.015	0.0238	1.48	0.630	0.0433	1.72	0.788	0.0781	1.99	0.983
0.020	0.0275	1.71	0.839	0.0500	1.98	1.050	0.0902	2.30	1.310
0.025	0.0308	1.91	1.049	0.0559	2.22	1.313	0.1008	2.57	1.638
0.030	0.0337	2.09	1.259	0.0612	2.43	1.575	0.1104	2.81	1.965
0.035	0.0364	2.26	1.469	0.0661	2.62	1.838	0.1193	3.04	2.293
0.040	0.0389	2.42	1.679	0.0707	2.80	2.100	0.1275	3.25	2.620
0.045	0.0413	2.56	1.889	0.0750	2.97	2.363	0.1353	3.45	2.948
0.050	0.0435	2.70	2.099	0.0791	3.14	2.626	0.1426	3.63	3.275
0.055	0.0456	2.83	2.309	0.0829	3.29	2.888	0.1495	3.81	3.603
0.060	0.0477	2.96	2.518	0.0866	3.43	3.151	0.1562	3.98	3.931
0.065	0.0496	3.08	2.728	0.0901	3.58	3.413	0.1626	4.14	4.258
0.070	0.0515	3.20	2.938	0.0935	3.71	3.676	0.1687	4.30	4.586
0.075	0.0533	3.31	3.148	0.0968	3.84	3.938	0.1746	4.45	4.913
0.080	0.0550	3.42	3.358	0.1000	3.97	4.201	0.1803	4.60	5.241
0.085	0.0567	3.52	3.568	0.1031	4.09	4.464	0.1859	4.74	5.568
0.090	0.0584	3.62	3.778	0.1061	4.21	4.726	0.1913	4.88	5.896
0.095	0.0600	3.72	3.988	0.1090	4.32	4.989	0.1965	5.01	6.223
0.100	0.0615	3.82	4.197	0.1118	4.43	5.251	0.2016	5.14	6.551
0.105	0.0630	3.91	4.407	0.1146	4.54	5.514	0.2066	5.27	6.879
0.110	0.0645	4.01	4.617	0.1173	4.65	5.776	0.2115	5.39	7.206
0.115	0.0660	4.10	4.827	0.1199	4.76	6.039	0.2162	5.51	7.534
0.120	0.0674	4.18	5.037	0.1225	4.86	6.301	0.2209	5.63	7.861
0.125	0.0688	4.27	5.247	0.1250	4.96	6.564	0.2254	5.75	8.189
0.130	0.0701	4.35	5.457	0.1275	5.06	6.827	0.2299	5.86	8.516
0.135	0.0715	4.44	5.667	0.1299	5.15	7.089	0.2343	5.97	8.844
0.140	0.0728	4.52	5.876	0.1323	5.25	7.352	0.2386	6.08	9.171

Coef.n: 0.01 Relac. h/l 0.94 q (rad): 5.2933									
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.145	0.0741	4.60	6.086	0.1346	5.34	7.614	0.2428	6.19	9.499
0.150	0.0754	4.68	6.296	0.1369	5.43	7.877	0.2469	6.29	9.826
0.155	0.0766	4.76	6.506	0.1392	5.52	8.139	0.2510	6.40	10.154
0.160	0.0778	4.83	6.716	0.1414	5.61	8.402	0.2550	6.50	10.482
0.165	0.0790	4.91	6.926	0.1436	5.70	8.664	0.2590	6.60	10.809
0.170	0.0802	4.98	7.136	0.1458	5.78	8.927	0.2629	6.70	11.137
0.175	0.0814	5.05	7.346	0.1479	5.87	9.190	0.2667	6.80	11.464
0.180	0.0825	5.12	7.555	0.1500	5.95	9.452	0.2705	6.89	11.792
0.185	0.0837	5.19	7.765	0.1521	6.03	9.715	0.2742	6.99	12.119
0.190	0.0848	5.26	7.975	0.1541	6.11	9.977	0.2779	7.08	12.447
0.195	0.0859	5.33	8.185	0.1561	6.19	10.240	0.2816	7.18	12.774
0.200	0.0870	5.40	8.395	0.1581	6.27	10.502	0.2851	7.27	13.102
0.205	0.0881	5.47	8.605	0.1601	6.35	10.765	0.2887	7.36	13.429
0.210	0.0892	5.53	8.815	0.1620	6.43	11.028	0.2922	7.45	13.757
0.215	0.0902	5.60	9.025	0.1639	6.50	11.290	0.2956	7.54	14.085
0.220	0.0913	5.67	9.234	0.1658	6.58	11.553	0.2991	7.62	14.412
0.225	0.0923	5.73	9.444	0.1677	6.65	11.815	0.3024	7.71	14.740
0.230	0.0933	5.79	9.654	0.1695	6.73	12.078	0.3058	7.79	15.067
0.235	0.0943	5.85	9.864	0.1714	6.80	12.340	0.3091	7.88	15.395
0.240	0.0953	5.92	10.074	0.1732	6.87	12.603	0.3124	7.96	15.722
0.245	0.0963	5.98	10.284	0.1750	6.94	12.865	0.3156	8.04	16.050
0.250	0.0973	6.04	10.494	0.1768	7.01	13.128	0.3188	8.13	16.377
0.255	0.0982	6.10	10.704	0.1785	7.08	13.391	0.3220	8.21	16.705
0.260	0.0992	6.16	10.913	0.1803	7.15	13.653	0.3251	8.29	17.033
0.265	0.1002	6.22	11.123	0.1820	7.22	13.916	0.3282	8.37	17.360
0.270	0.1011	6.28	11.333	0.1837	7.29	14.178	0.3313	8.44	17.688
0.275	0.1020	6.33	11.543	0.1854	7.35	14.441	0.3344	8.52	18.015
0.280	0.1030	6.39	11.753	0.1871	7.42	14.703	0.3374	8.60	18.343
0.285	0.1039	6.45	11.963	0.1887	7.49	14.966	0.3404	8.68	18.670
0.290	0.1048	6.50	12.173	0.1904	7.55	15.228	0.3434	8.75	18.998
0.295	0.1057	6.56	12.383	0.1920	7.62	15.491	0.3463	8.83	19.325
0.300	0.1066	6.62	12.592	0.1936	7.68	15.754	0.3492	8.90	19.653

DN 315 mm			DN 355 mm				DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.0378	0.60	0.083	0.0513	0.65	0.093	363	0.0711	0.70	0.105
0.0534	0.85	0.166	0.0726	0.92	0.186	363	0.1005	1.00	0.210
0.0654	1.04	0.249	0.0889	1.12	0.279	363	0.1231	1.22	0.315
0.0756	1.20	0.332	0.1026	1.30	0.372	363	0.1422	1.41	0.420
0.0845	1.34	0.415	0.1147	1.45	0.465	363	0.1590	1.57	0.525
0.0926	1.47	0.497	0.1257	1.59	0.558	363	0.1741	1.72	0.630
0.1000	1.59	0.580	0.1357	1.72	0.651	363	0.1881	1.86	0.736
0.1069	1.70	0.663	0.1451	1.84	0.744	363	0.2011	1.99	0.841
0.1134	1.80	0.746	0.1539	1.95	0.837	363	0.2133	2.11	0.946
0.1195	1.90	0.829	0.1622	2.05	0.930	363	0.2248	2.23	1.051
0.1463	2.33	1.244	0.1987	2.51	1.395	363	0.2753	2.73	1.576
0.1690	2.69	1.658	0.2294	2.90	1.860	363	0.3179	3.15	2.102
0.1889	3.01	2.073	0.2565	3.25	2.325	363	0.3555	3.52	2.627
0.2070	3.29	2.487	0.2810	3.55	2.789	363	0.3894	3.86	3.152
0.2235	3.56	2.902	0.3035	3.84	3.254	363	0.4206	4.17	3.678
0.2390	3.80	3.316	0.3245	4.10	3.719	363	0.4496	4.45	4.203
0.2535	4.03	3.731	0.3441	4.35	4.184	363	0.4769	4.72	4.729
0.2672	4.25	4.145	0.3628	4.59	4.649	363	0.5027	4.98	5.254
0.2802	4.46	4.560	0.3805	4.81	5.114	363	0.5272	5.22	5.779
0.2927	4.66	4.974	0.3974	5.03	5.579	363	0.5507	5.45	6.305
0.3046	4.85	5.389	0.4136	5.23	6.044	363	0.5732	5.68	6.830
0.3161	5.03	5.804	0.4292	5.43	6.509	363	0.5948	5.89	7.356
0.3272	5.21	6.218	0.4443	5.62	6.974	363	0.6157	6.10	7.881
0.3380	5.38	6.633	0.4589	5.81	7.439	363	0.6359	6.30	8.407
0.3484	5.54	7.047	0.4730	5.98	7.903	363	0.6554	6.49	8.932
0.3585	5.70	7.462	0.4867	6.16	8.368	363	0.6744	6.68	9.457
0.3683	5.86	7.876	0.5000	6.33	8.833	363	0.6929	6.86	9.983
0.3779	6.01	8.291	0.5130	6.49	9.298	363	0.7109	7.04	10.508
0.3872	6.16	8.705	0.5257	6.65	9.763	363	0.7285	7.22	11.034
0.3963	6.31	9.120	0.5381	6.81	10.228	363	0.7456	7.39	11.559
0.4052	6.45	9.534	0.5502	6.96	10.693	363	0.7624	7.55	12.084
0.4139	6.59	9.949	0.5620	7.11	11.158	363	0.7788	7.71	12.610
0.4225	6.72	10.363	0.5736	7.26	11.623	363	0.7948	7.87	13.135
0.4308	6.86	10.778	0.5849	7.40	12.088	363	0.8106	8.03	13.661
0.4390	6.99	11.193	0.5961	7.54	12.552	363	0.8260	8.18	14.186
0.4471	7.11	11.607	0.6070	7.68	13.017	363	0.8412	8.33	14.711

DN 315 mm			DN 355 mm			Di (mm)	DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.4550	7.24	12.022	0.6178	7.82	13.482	363	0.8561	8.48	15.237
0.4628	7.36	12.436	0.6283	7.95	13.947	363	0.8707	8.62	15.762
0.4704	7.49	12.851	0.6387	8.08	14.412	363	0.8851	8.77	16.288
0.4780	7.61	13.265	0.6489	8.21	14.877	363	0.8992	8.91	16.813
0.4854	7.72	13.680	0.6590	8.34	15.342	363	0.9132	9.05	17.338
0.4927	7.84	14.094	0.6689	8.46	15.807	363	0.9269	9.18	17.864
0.4999	7.95	14.509	0.6787	8.59	16.272	363	0.9405	9.32	18.389
0.5069	8.07	14.923	0.6883	8.71	16.737	363	0.9538	9.45	18.915
0.5139	8.18	15.338	0.6978	8.83	17.202	363	0.9669	9.58	19.440
0.5208	8.29	15.752	0.7071	8.95	17.666	363	0.9799	9.71	19.966
0.5276	8.40	16.167	0.7164	9.06	18.131	363	0.9927	9.83	20.491
0.5344	8.50	16.582	0.7255	9.18	18.596	363	1.0054	9.96	21.016
0.5410	8.61	16.996	0.7345	9.29	19.061	363	1.0179	10.08	21.542
0.5476	8.71	17.411	0.7434	9.41	19.526	363	1.0302	10.20	22.067
0.5540	8.82	17.825	0.7522	9.52	19.991	363	1.0424	10.33	22.593
0.5605	8.92	18.240	0.7609	9.63	20.456	363	1.0545	10.44	23.118
0.5668	9.02	18.654	0.7695	9.74	20.921	363	1.0664	10.56	23.643
0.5730	9.12	19.069	0.7780	9.84	21.386	363	1.0782	10.68	24.169
0.5792	9.22	19.483	0.7864	9.95	21.851	363	1.0898	10.79	24.694
0.5854	9.31	19.898	0.7948	10.05	22.316	363	1.1013	10.91	25.220
0.5914	9.41	20.312	0.8030	10.16	22.780	363	1.1128	11.02	25.745
0.5974	9.51	20.727	0.8112	10.26	23.245	363	1.1241	11.13	26.270
0.6034	9.60	21.141	0.8192	10.36	23.710	363	1.1352	11.24	26.796
0.6093	9.70	21.556	0.8272	10.47	24.175	363	1.1463	11.35	27.321
0.6151	9.79	21.970	0.8351	10.57	24.640	363	1.1573	11.46	27.847
0.6209	9.88	22.385	0.8430	10.66	25.105	363	1.1682	11.57	28.372
0.6266	9.97	22.800	0.8507	10.76	25.570	363	1.1789	11.68	28.897
0.6323	10.06	23.214	0.8584	10.86	26.035	363	1.1896	11.78	29.423
0.6379	10.15	23.629	0.8661	10.96	26.500	363	1.2002	11.89	29.948
0.6435	10.24	24.043	0.8736	11.05	26.965	363	1.2106	11.99	30.474
0.6490	10.33	24.458	0.8811	11.15	27.430	363	1.2210	12.09	30.999
0.6545	10.41	24.872	0.8886	11.24	27.894	363	1.2313	12.20	31.525

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.1296	0.8183	0.1316	0.2469	0.9613	0.1676	0.4723	1.1305	0.2138	0.8513	1.3099	0.2666
0.1833	1.1572	0.2633	0.3492	1.3595	0.3352	0.6679	1.5988	0.4275	1.2039	1.8525	0.5332
0.2245	1.4173	0.3949	0.4277	1.6650	0.5028	0.8180	1.9581	0.6413	1.4745	2.2689	0.7998
0.2592	1.6365	0.5265	0.4938	1.9226	0.6704	0.9445	2.2610	0.8550	1.7026	2.6199	1.0665
0.2898	1.8297	0.6581	0.5521	2.1496	0.8380	1.0560	2.5279	1.0688	1.9036	2.9291	1.3331
0.3175	2.0043	0.7898	0.6048	2.3547	1.0057	1.1568	2.7692	1.2825	2.0853	3.2087	1.5997
0.3429	2.1649	0.9214	0.6533	2.5434	1.1733	1.2495	2.9911	1.4963	2.2524	3.4658	1.8663
0.3666	2.3144	1.0530	0.6984	2.7190	1.3409	1.3357	3.1976	1.7100	2.4079	3.7051	2.1329
0.3889	2.4548	1.1846	0.7407	2.8839	1.5085	1.4168	3.3915	1.9238	2.5540	3.9298	2.3995
0.4099	2.5876	1.3163	0.7808	3.0399	1.6761	1.4934	3.5750	2.1375	2.6921	4.1424	2.6661
0.5020	3.1692	1.9744	0.9563	3.7232	2.5141	1.8290	4.3785	3.2063	3.2971	5.0734	3.9992
0.5797	3.6594	2.6325	1.1042	4.2991	3.3522	2.1120	5.0558	4.2751	3.8072	5.8583	5.3323
0.6481	4.0914	3.2907	1.2346	4.8066	4.1902	2.3613	5.6526	5.3438	4.2566	6.5497	6.6653
0.7099	4.4819	3.9488	1.3524	5.2653	5.0283	2.5867	6.1921	6.4126	4.6629	7.1749	7.9984
0.7668	4.8410	4.6070	1.4608	5.6872	5.8663	2.7939	6.6882	7.4814	5.0365	7.7498	9.3314
0.8198	5.1752	5.2651	1.5616	6.0799	6.7044	2.9868	7.1500	8.5501	5.3842	8.2848	10.6645
0.8695	5.4891	5.9232	1.6563	6.4487	7.5424	3.1680	7.5837	9.6189	5.7108	8.7874	11.9976
0.9165	5.7861	6.5814	1.7459	6.7975	8.3805	3.3394	7.9939	10.6877	6.0197	9.2627	13.3306
0.9613	6.0685	7.2395	1.8311	7.1293	9.2185	3.5023	8.3841	11.7564	6.3135	9.7148	14.6637
1.0040	6.3383	7.8976	1.9126	7.4463	10.0566	3.6581	8.7569	12.8252	6.5943	10.1468	15.9968
1.0450	6.5971	8.5558	1.9907	7.7504	10.8946	3.8074	9.1145	13.8940	6.8635	10.5611	17.3298
1.0845	6.8461	9.2139	2.0658	8.0429	11.7327	3.9512	9.4585	14.9627	7.1226	10.9598	18.6629
1.1225	7.0864	9.8720	2.1383	8.3252	12.5707	4.0899	9.7905	16.0315	7.3726	11.3445	19.9959
1.1593	7.3188	10.5302	2.2084	8.5983	13.4088	4.2240	10.1116	17.1003	7.6144	11.7165	21.3290
1.1950	7.5441	11.1883	2.2764	8.8629	14.2468	4.3540	10.4228	18.1690	7.8488	12.0771	22.6621
1.2297	7.7628	11.8465	2.3424	9.1198	15.0849	4.4802	10.7250	19.2378	8.0763	12.4272	23.9951
1.2634	7.9755	12.5046	2.4066	9.3698	15.9229	4.6030	11.0189	20.3066	8.2976	12.7678	25.3282
1.2962	8.1827	13.1627	2.4691	9.6132	16.7610	4.7226	11.3051	21.3753	8.5132	13.0995	26.6613
1.3282	8.3848	13.8209	2.5301	9.8506	17.5990	4.8392	11.5843	22.4441	8.7234	13.4230	27.9943
1.3594	8.5821	14.4790	2.5896	10.0824	18.4371	4.9531	11.8569	23.5129	8.9287	13.7388	29.3274
1.3900	8.7750	15.1371	2.6478	10.3090	19.2751	5.0644	12.1234	24.5816	9.1294	14.0476	30.6604
1.4199	8.9637	15.7953	2.7048	10.5307	20.1132	5.1733	12.3841	25.6504	9.3257	14.3497	31.9935
1.4492	9.1485	16.4534	2.7606	10.7478	20.9512	5.2800	12.6395	26.7191	9.5180	14.6457	33.3266
1.4779	9.3297	17.1115	2.8152	10.9607	21.7893	5.3845	12.8898	27.7879	9.7065	14.9357	34.6596
1.5060	9.5075	17.7697	2.8689	11.1695	22.6273	5.4871	13.1354	28.8567	9.8914	15.2202	35.9927
1.5337	9.6819	18.4278	2.9215	11.3744	23.4654	5.5878	13.3764	29.9254	10.0729	15.4995	37.3258

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
1.5608	9.8533	19.0860	2.9732	11.5758	24.3034	5.6867	13.6132	30.9942	10.2512	15.7738	38.6588
1.5875	10.0217	19.7441	3.0240	11.7737	25.1415	5.7839	13.8459	32.0630	10.4265	16.0435	39.9919
1.6137	10.1874	20.4022	3.0740	11.9683	25.9795	5.8795	14.0748	33.1317	10.5988	16.3087	41.3249
1.6396	10.3504	21.0604	3.1232	12.1598	26.8176	5.9736	14.3000	34.2005	10.7684	16.5697	42.6580
1.6650	10.5109	21.7185	3.1716	12.3483	27.6556	6.0662	14.5217	35.2693	10.9354	16.8266	43.9911
1.6900	10.6690	22.3766	3.2193	12.5340	28.4937	6.1575	14.7401	36.3380	11.0998	17.0796	45.3241
1.7147	10.8247	23.0348	3.2663	12.7170	29.3317	6.2474	14.9553	37.4068	11.2619	17.3290	46.6572
1.7390	10.9783	23.6929	3.3127	12.8974	30.1698	6.3360	15.1674	38.4756	11.4216	17.5748	47.9903
1.7630	11.1297	24.3510	3.3584	13.0753	31.0078	6.4234	15.3766	39.5443	11.5792	17.8172	49.3233
1.7867	11.2791	25.0092	3.4034	13.2508	31.8459	6.5096	15.5830	40.6131	11.7346	18.0564	50.6564
1.8100	11.4265	25.6673	3.4479	13.4241	32.6839	6.5947	15.7867	41.6819	11.8880	18.2924	51.9894
1.8331	11.5721	26.3255	3.4919	13.5951	33.5220	6.6787	15.9878	42.7506	12.0395	18.5254	53.3225
1.8559	11.7159	26.9836	3.5352	13.7640	34.3600	6.7617	16.1865	43.8194	12.1890	18.7556	54.6556
1.8783	11.8579	27.6417	3.5781	13.9308	35.1981	6.8436	16.3827	44.8882	12.3368	18.9829	55.9886
1.9006	11.9982	28.2999	3.6204	14.0957	36.0361	6.9246	16.5766	45.9569	12.4828	19.2076	57.3217
1.9225	12.1369	28.9580	3.6623	14.2586	36.8742	7.0047	16.7682	47.0257	12.6271	19.4297	58.6548
1.9443	12.2741	29.6161	3.7037	14.4197	37.7122	7.0838	16.9577	48.0945	12.7698	19.6492	59.9878
1.9658	12.4097	30.2743	3.7446	14.5791	38.5503	7.1621	17.1451	49.1632	12.9109	19.8663	61.3209
1.9870	12.5439	30.9324	3.7851	14.7367	39.3883	7.2395	17.3304	50.2320	13.0505	20.0811	62.6539
2.0080	12.6766	31.5905	3.8251	14.8926	40.2264	7.3162	17.5138	51.3008	13.1886	20.2936	63.9870
2.0288	12.8080	32.2487	3.8648	15.0470	41.0644	7.3920	17.6953	52.3695	13.3252	20.5039	65.3201
2.0494	12.9380	32.9068	3.9040	15.1997	41.9025	7.4670	17.8750	53.4383	13.4605	20.7121	66.6531
2.0698	13.0667	33.5650	3.9429	15.3510	42.7405	7.5413	18.0528	54.5071	13.5945	20.9182	67.9862
2.0900	13.1942	34.2231	3.9813	15.5008	43.5786	7.6149	18.2290	55.5758	13.7271	21.1223	69.3193
2.1100	13.3205	34.8812	4.0194	15.6491	44.4166	7.6878	18.4034	56.6446	13.8585	21.3244	70.6523
2.1298	13.4456	35.5394	4.0572	15.7960	45.2547	7.7600	18.5762	57.7134	13.9886	21.5246	71.9854
2.1495	13.5695	36.1975	4.0946	15.9416	46.0927	7.8315	18.7474	58.7821	14.1175	21.7230	73.3184
2.1689	13.6923	36.8556	4.1316	16.0859	46.9308	7.9024	18.9171	59.8509	14.2453	21.9196	74.6515
2.1882	13.8140	37.5138	4.1684	16.2289	47.7688	7.9726	19.0852	60.9197	14.3719	22.1144	75.9846
2.2073	13.9347	38.1719	4.2048	16.3706	48.6068	8.0422	19.2519	61.9884	14.4974	22.3076	77.3176
2.2263	14.0543	38.8300	4.2409	16.5111	49.4449	8.1113	19.4172	63.0572	14.6219	22.4991	78.6507
2.2451	14.1729	39.4882	4.2766	16.6505	50.2829	8.1797	19.5810	64.1260	14.7453	22.6889	79.9838

TUBO AMANCO NOVAFORT SN4
Capacidad Hidráulica - Condición Sección Llena (h/D=1)

Pendiente (m/m)	Coef.n: 0.01				Relac. h/D: 1				q (rad): 6.2832			
	DN 160 mm			Di (mm)	DN 200 mm			Di (mm)	DN 250 mm			
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	
0.001	0.0057	0.35	0.036	181.4	0.0104	0.40	0.045	226.3	0.0187	0.47	0.057	
0.002	0.0081	0.49	0.073	181.4	0.0147	0.57	0.091	226.3	0.0265	0.66	0.113	
0.003	0.0099	0.60	0.109	181.4	0.0180	0.70	0.136	226.3	0.0325	0.81	0.170	
0.004	0.0114	0.69	0.145	181.4	0.0208	0.80	0.181	226.3	0.0375	0.93	0.226	
0.005	0.0128	0.77	0.181	181.4	0.0232	0.90	0.227	226.3	0.0419	1.04	0.283	
0.006	0.0140	0.85	0.218	181.4	0.0255	0.99	0.272	226.3	0.0459	1.14	0.339	
0.007	0.0151	0.92	0.254	181.4	0.0275	1.06	0.317	226.3	0.0496	1.23	0.396	
0.008	0.0162	0.98	0.290	181.4	0.0294	1.14	0.363	226.3	0.0530	1.32	0.453	
0.009	0.0172	1.04	0.326	181.4	0.0312	1.21	0.408	226.3	0.0562	1.40	0.509	
0.010	0.0181	1.10	0.363	181.4	0.0329	1.27	0.454	226.3	0.0593	1.47	0.566	
0.015	0.0222	1.34	0.544	181.4	0.0403	1.56	0.680	226.3	0.0726	1.80	0.849	
0.020	0.0256	1.55	0.725	181.4	0.0465	1.80	0.907	226.3	0.0838	2.08	1.132	
0.025	0.0286	1.73	0.906	181.4	0.0520	2.01	1.134	226.3	0.0937	2.33	1.414	
0.030	0.0313	1.90	1.088	181.4	0.0569	2.20	1.361	226.3	0.1027	2.55	1.697	
0.035	0.0338	2.05	1.269	181.4	0.0615	2.38	1.587	226.3	0.1109	2.76	1.980	
0.040	0.0362	2.19	1.450	181.4	0.0657	2.54	1.814	226.3	0.1186	2.95	2.263	
0.045	0.0384	2.32	1.631	181.4	0.0697	2.70	2.041	226.3	0.1257	3.13	2.546	
0.050	0.0404	2.45	1.813	181.4	0.0735	2.84	2.268	226.3	0.1325	3.30	2.829	
0.055	0.0424	2.57	1.994	181.4	0.0771	2.98	2.494	226.3	0.1390	3.46	3.112	
0.060	0.0443	2.68	2.175	181.4	0.0805	3.12	2.721	226.3	0.1452	3.61	3.395	
0.065	0.0461	2.79	2.356	181.4	0.0838	3.24	2.948	226.3	0.1511	3.76	3.677	
0.070	0.0479	2.90	2.538	181.4	0.0870	3.36	3.175	226.3	0.1568	3.90	3.960	
0.075	0.0495	3.00	2.719	181.4	0.0900	3.48	3.401	226.3	0.1623	4.04	4.243	
0.080	0.0512	3.10	2.900	181.4	0.0930	3.60	3.628	226.3	0.1677	4.17	4.526	
0.085	0.0527	3.19	3.081	181.4	0.0958	3.71	3.855	226.3	0.1728	4.30	4.809	
0.090	0.0543	3.29	3.263	181.4	0.0986	3.82	4.082	226.3	0.1778	4.42	5.092	
0.095	0.0557	3.38	3.444	181.4	0.1013	3.92	4.308	226.3	0.1827	4.54	5.375	
0.100	0.0572	3.46	3.625	181.4	0.1039	4.02	4.535	226.3	0.1874	4.66	5.658	
0.105	0.0586	3.55	3.806	181.4	0.1065	4.12	4.762	226.3	0.1921	4.78	5.940	
0.110	0.0600	3.63	3.988	181.4	0.1090	4.22	4.989	226.3	0.1966	4.89	6.223	
0.115	0.0613	3.71	4.169	181.4	0.1115	4.31	5.215	226.3	0.2010	5.00	6.506	
0.120	0.0627	3.79	4.350	181.4	0.1139	4.41	5.442	226.3	0.2053	5.11	6.789	
0.125	0.0639	3.87	4.531	181.4	0.1162	4.50	5.669	226.3	0.2096	5.21	7.072	
0.130	0.0652	3.95	4.713	181.4	0.1185	4.59	5.896	226.3	0.2137	5.31	7.355	
0.135	0.0665	4.02	4.894	181.4	0.1208	4.67	6.122	226.3	0.2178	5.41	7.638	
0.140	0.0677	4.10	5.075	181.4	0.1230	4.76	6.349	226.3	0.2218	5.51	7.921	

Coef.n: 0.01												Relac. h/D: 1				q (rad): 6.2832		
Pendiente (m/m)	DN 160 mm				Di (mm)	DN 200 mm				Di (mm)	DN 250 mm							
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)		Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)					
0.145	0.0689	4.17	5.256	181.4	0.1252	4.84	6.576	226.3	0.2257	5.61	8.203							
0.150	0.0701	4.24	5.438	181.4	0.1273	4.93	6.803	226.3	0.2296	5.71	8.486							
0.155	0.0712	4.31	5.619	181.4	0.1294	5.01	7.029	226.3	0.2334	5.80	8.769							
0.160	0.0723	4.38	5.800	181.4	0.1315	5.09	7.256	226.3	0.2371	5.89	9.052							
0.165	0.0735	4.45	5.981	181.4	0.1335	5.17	7.483	226.3	0.2408	5.99	9.335							
0.170	0.0746	4.52	6.163	181.4	0.1355	5.24	7.710	226.3	0.2444	6.08	9.618							
0.175	0.0757	4.58	6.344	181.4	0.1375	5.32	7.936	226.3	0.2480	6.17	9.901							
0.180	0.0767	4.65	6.525	181.4	0.1394	5.40	8.163	226.3	0.2515	6.25	10.184							
0.185	0.0778	4.71	6.706	181.4	0.1414	5.47	8.390	226.3	0.2550	6.34	10.466							
0.190	0.0788	4.77	6.888	181.4	0.1433	5.54	8.617	226.3	0.2584	6.42	10.749							
0.195	0.0799	4.84	7.069	181.4	0.1451	5.62	8.843	226.3	0.2618	6.51	11.032							
0.200	0.0809	4.90	7.250	181.4	0.1470	5.69	9.070	226.3	0.2651	6.59	11.315							
0.205	0.0819	4.96	7.431	181.4	0.1488	5.76	9.297	226.3	0.2684	6.67	11.598							
0.210	0.0829	5.02	7.613	181.4	0.1506	5.83	9.524	226.3	0.2716	6.75	11.881							
0.215	0.0839	5.08	7.794	181.4	0.1524	5.90	9.750	226.3	0.2748	6.83	12.164							
0.220	0.0848	5.14	7.975	181.4	0.1542	5.96	9.977	226.3	0.2780	6.91	12.447							
0.225	0.0858	5.20	8.156	181.4	0.1559	6.03	10.204	226.3	0.2812	6.99	12.729							
0.230	0.0867	5.25	8.338	181.4	0.1576	6.10	10.431	226.3	0.2843	7.07	13.012							
0.235	0.0877	5.31	8.519	181.4	0.1593	6.16	10.657	226.3	0.2873	7.14	13.295							
0.240	0.0886	5.37	8.700	181.4	0.1610	6.23	10.884	226.3	0.2904	7.22	13.578							
0.245	0.0895	5.42	8.881	181.4	0.1627	6.29	11.111	226.3	0.2934	7.29	13.861							
0.250	0.0904	5.48	9.063	181.4	0.1643	6.36	11.338	226.3	0.2964	7.37	14.144							
0.255	0.0913	5.53	9.244	181.4	0.1660	6.42	11.564	226.3	0.2993	7.44	14.427							
0.260	0.0922	5.59	9.425	181.4	0.1676	6.48	11.791	226.3	0.3022	7.51	14.710							
0.265	0.0931	5.64	9.606	181.4	0.1692	6.55	12.018	226.3	0.3051	7.59	14.992							
0.270	0.0940	5.69	9.788	181.4	0.1708	6.61	12.245	226.3	0.3080	7.66	15.275							
0.275	0.0948	5.74	9.969	181.4	0.1724	6.67	12.471	226.3	0.3108	7.73	15.558							
0.280	0.0957	5.80	10.150	181.4	0.1739	6.73	12.698	226.3	0.3137	7.80	15.841							
0.285	0.0966	5.85	10.331	181.4	0.1755	6.79	12.925	226.3	0.3164	7.87	16.124							
0.290	0.0974	5.90	10.513	181.4	0.1770	6.85	13.152	226.3	0.3192	7.94	16.407							
0.295	0.0982	5.95	10.694	181.4	0.1785	6.91	13.378	226.3	0.3219	8.00	16.690							
0.300	0.0991	6.00	10.875	181.4	0.1800	6.97	13.605	226.3	0.3247	8.07	16.973							

DN 315 mm				DN 355 mm				DN 400 mm			
Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
286.4	0.0351	0.55	0.072	321.2	0.0477	0.59	0.080	363	0.0661	0.64	0.091
286.4	0.0497	0.77	0.143	321.2	0.0674	0.83	0.161	363	0.0935	0.90	0.182
286.4	0.0608	0.94	0.215	321.2	0.0826	1.02	0.241	363	0.1145	1.11	0.272
286.4	0.0703	1.09	0.286	321.2	0.0954	1.18	0.321	363	0.1322	1.28	0.363
286.4	0.0785	1.22	0.358	321.2	0.1066	1.32	0.402	363	0.1478	1.43	0.454
286.4	0.0860	1.34	0.430	321.2	0.1168	1.44	0.482	363	0.1619	1.56	0.545
286.4	0.0929	1.44	0.501	321.2	0.1262	1.56	0.562	363	0.1749	1.69	0.635
286.4	0.0994	1.54	0.573	321.2	0.1349	1.66	0.642	363	0.1869	1.81	0.726
286.4	0.1054	1.64	0.644	321.2	0.1431	1.77	0.723	363	0.1983	1.92	0.817
286.4	0.1111	1.72	0.716	321.2	0.1508	1.86	0.803	363	0.2090	2.02	0.908
286.4	0.1360	2.11	1.074	321.2	0.1847	2.28	1.205	363	0.2560	2.47	1.361
286.4	0.1571	2.44	1.432	321.2	0.2133	2.63	1.606	363	0.2956	2.86	1.815
286.4	0.1756	2.73	1.790	321.2	0.2385	2.94	2.008	363	0.3304	3.19	2.269
286.4	0.1924	2.99	2.148	321.2	0.2612	3.22	2.409	363	0.3620	3.50	2.723
286.4	0.2078	3.23	2.506	321.2	0.2822	3.48	2.811	363	0.3910	3.78	3.176
286.4	0.2222	3.45	2.864	321.2	0.3016	3.72	3.212	363	0.4180	4.04	3.630
286.4	0.2356	3.66	3.222	321.2	0.3199	3.95	3.614	363	0.4433	4.28	4.084
286.4	0.2484	3.86	3.580	321.2	0.3372	4.16	4.015	363	0.4673	4.52	4.538
286.4	0.2605	4.04	3.938	321.2	0.3537	4.37	4.417	363	0.4901	4.74	4.991
286.4	0.2721	4.22	4.296	321.2	0.3694	4.56	4.818	363	0.5119	4.95	5.445
286.4	0.2832	4.40	4.654	321.2	0.3845	4.75	5.220	363	0.5328	5.15	5.899
286.4	0.2939	4.56	5.012	321.2	0.3990	4.92	5.621	363	0.5529	5.34	6.353
286.4	0.3042	4.72	5.370	321.2	0.4130	5.10	6.023	363	0.5724	5.53	6.806
286.4	0.3142	4.88	5.728	321.2	0.4266	5.26	6.424	363	0.5911	5.71	7.260
286.4	0.3239	5.03	6.086	321.2	0.4397	5.43	6.826	363	0.6093	5.89	7.714
286.4	0.3332	5.17	6.444	321.2	0.4525	5.58	7.227	363	0.6270	6.06	8.168
286.4	0.3424	5.31	6.802	321.2	0.4649	5.74	7.629	363	0.6442	6.22	8.621
286.4	0.3513	5.45	7.160	321.2	0.4769	5.89	8.030	363	0.6609	6.39	9.075
286.4	0.3599	5.59	7.518	321.2	0.4887	6.03	8.432	363	0.6772	6.54	9.529
286.4	0.3684	5.72	7.876	321.2	0.5002	6.17	8.833	363	0.6932	6.70	9.983
286.4	0.3767	5.85	8.234	321.2	0.5114	6.31	9.235	363	0.7087	6.85	10.436
286.4	0.3848	5.97	8.592	321.2	0.5224	6.45	9.636	363	0.7240	7.00	10.890
286.4	0.3927	6.10	8.950	321.2	0.5332	6.58	10.038	363	0.7389	7.14	11.344
286.4	0.4005	6.22	9.308	321.2	0.5438	6.71	10.439	363	0.7535	7.28	11.798
286.4	0.4081	6.34	9.666	321.2	0.5541	6.84	10.841	363	0.7679	7.42	12.251
286.4	0.4156	6.45	10.024	321.2	0.5643	6.96	11.242	363	0.7820	7.56	12.705

DN 315 mm				DN 355 mm				DN 400 mm			
Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Di (mm)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
286.4	0.4230	6.57	10.382	321.2	0.5743	7.09	11.644	363	0.7958	7.69	13.159
286.4	0.4302	6.68	10.740	321.2	0.5841	7.21	12.045	363	0.8094	7.82	13.613
286.4	0.4373	6.79	11.098	321.2	0.5938	7.33	12.447	363	0.8228	7.95	14.066
286.4	0.4443	6.90	11.456	321.2	0.6033	7.45	12.848	363	0.8360	8.08	14.520
286.4	0.4512	7.00	11.814	321.2	0.6126	7.56	13.250	363	0.8489	8.20	14.974
286.4	0.4580	7.11	12.172	321.2	0.6218	7.67	13.651	363	0.8617	8.33	15.428
286.4	0.4647	7.21	12.530	321.2	0.6309	7.79	14.053	363	0.8743	8.45	15.881
286.4	0.4713	7.32	12.888	321.2	0.6399	7.90	14.454	363	0.8867	8.57	16.335
286.4	0.4778	7.42	13.246	321.2	0.6487	8.01	14.856	363	0.8989	8.69	16.789
286.4	0.4842	7.52	13.604	321.2	0.6574	8.11	15.257	363	0.9110	8.80	17.243
286.4	0.4905	7.61	13.962	321.2	0.6660	8.22	15.659	363	0.9229	8.92	17.696
286.4	0.4968	7.71	14.320	321.2	0.6745	8.32	16.060	363	0.9347	9.03	18.150
286.4	0.5029	7.81	14.678	321.2	0.6829	8.43	16.462	363	0.9463	9.14	18.604
286.4	0.5090	7.90	15.036	321.2	0.6911	8.53	16.863	363	0.9577	9.25	19.058
286.4	0.5151	8.00	15.394	321.2	0.6993	8.63	17.265	363	0.9691	9.36	19.511
286.4	0.5210	8.09	15.752	321.2	0.7074	8.73	17.666	363	0.9803	9.47	19.965
286.4	0.5269	8.18	16.110	321.2	0.7154	8.83	18.068	363	0.9913	9.58	20.419
286.4	0.5327	8.27	16.468	321.2	0.7233	8.93	18.469	363	1.0023	9.68	20.873
286.4	0.5385	8.36	16.826	321.2	0.7311	9.02	18.871	363	1.0131	9.79	21.326
286.4	0.5442	8.45	17.184	321.2	0.7389	9.12	19.272	363	1.0239	9.89	21.780
286.4	0.5498	8.53	17.542	321.2	0.7465	9.21	19.674	363	1.0345	10.00	22.234
286.4	0.5554	8.62	17.900	321.2	0.7541	9.31	20.075	363	1.0450	10.10	22.688
286.4	0.5609	8.71	18.258	321.2	0.7616	9.40	20.477	363	1.0554	10.20	23.141
286.4	0.5664	8.79	18.616	321.2	0.7690	9.49	20.878	363	1.0657	10.30	23.595
286.4	0.5718	8.88	18.974	321.2	0.7764	9.58	21.280	363	1.0759	10.40	24.049
286.4	0.5772	8.96	19.332	321.2	0.7837	9.67	21.681	363	1.0860	10.49	24.503
286.4	0.5825	9.04	19.690	321.2	0.7909	9.76	22.083	363	1.0960	10.59	24.956
286.4	0.5878	9.12	20.048	321.2	0.7981	9.85	22.484	363	1.1059	10.69	25.410
286.4	0.5930	9.21	20.406	321.2	0.8051	9.94	22.886	363	1.1157	10.78	25.864
286.4	0.5982	9.29	20.764	321.2	0.8122	10.02	23.287	363	1.1255	10.88	26.318
286.4	0.6033	9.37	21.122	321.2	0.8191	10.11	23.689	363	1.1351	10.97	26.771
286.4	0.6084	9.44	21.480	321.2	0.8261	10.19	24.090	363	1.1447	11.06	27.225

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.1205	0.7421	0.1137	0.2295	0.8718	0.1448	0.4390	1.0252	0.1846	0.7914	1.1880	0.2303
0.1704	1.0494	0.2274	0.3246	1.2329	0.2895	0.6209	1.4499	0.3692	1.1192	1.6800	0.4605
0.2087	1.2853	0.3410	0.3976	1.5100	0.4343	0.7604	1.7757	0.5538	1.3708	2.0576	0.6908
0.2410	1.4841	0.4547	0.4591	1.7436	0.5790	0.8781	2.0505	0.7384	1.5828	2.3759	0.9210
0.2694	1.6593	0.5684	0.5133	1.9494	0.7238	0.9817	2.2925	0.9230	1.7697	2.6563	1.1513
0.2952	1.8177	0.6821	0.5623	2.1354	0.8685	1.0754	2.5113	1.1076	1.9386	2.9099	1.3815
0.3188	1.9633	0.7957	0.6073	2.3065	1.0133	1.1616	2.7125	1.2922	2.0939	3.1430	1.6118
0.3408	2.0989	0.9094	0.6492	2.4658	1.1580	1.2418	2.8998	1.4768	2.2385	3.3600	1.8420
0.3615	2.2262	1.0231	0.6886	2.6154	1.3028	1.3171	3.0757	1.6614	2.3743	3.5639	2.0723
0.3811	2.3466	1.1368	0.7259	2.7568	1.4475	1.3883	3.2421	1.8460	2.5027	3.7566	2.3025
0.4667	2.8740	1.7051	0.8890	3.3764	2.1713	1.7004	3.9707	2.7690	3.0652	4.6009	3.4538
0.5389	3.3186	2.2735	1.0265	3.8988	2.8950	1.9634	4.5850	3.6920	3.5394	5.3127	4.6050
0.6025	3.7103	2.8419	1.1477	4.3590	3.6188	2.1952	5.1261	4.6150	3.9571	5.9398	5.7563
0.6600	4.0645	3.4103	1.2572	4.7750	4.3425	2.4047	5.6154	5.5380	4.3348	6.5067	6.9075
0.7129	4.3901	3.9786	1.3580	5.1576	5.0663	2.5973	6.0653	6.4610	4.6821	7.0280	8.0588
0.7621	4.6932	4.5470	1.4517	5.5137	5.7900	2.7767	6.4841	7.3840	5.0054	7.5133	9.2100
0.8083	4.9779	5.1154	1.5398	5.8482	6.5138	2.9451	6.8774	8.3070	5.3090	7.9690	10.3613
0.8521	5.2472	5.6838	1.6231	6.1645	7.2375	3.1044	7.2495	9.2300	5.5962	8.4001	11.5125
0.8936	5.5033	6.2521	1.7023	6.4654	7.9613	3.2559	7.6033	10.1530	5.8694	8.8101	12.6638
0.9334	5.7480	6.8205	1.7780	6.7529	8.6850	3.4007	7.9414	11.0760	6.1303	9.2019	13.8150
0.9715	5.9827	7.3889	1.8506	7.0286	9.4088	3.5396	8.2657	11.9990	6.3807	9.5776	14.9663
1.0082	6.2086	7.9573	1.9205	7.2939	10.1325	3.6732	8.5777	12.9220	6.6215	9.9391	16.1175
1.0436	6.4265	8.5256	1.9879	7.5499	10.8563	3.8021	8.8787	13.8450	6.8539	10.2880	17.2688
1.0778	6.6373	9.0940	2.0531	7.7975	11.5800	3.9268	9.1699	14.7680	7.0787	10.6254	18.4200
1.1109	6.8415	9.6624	2.1163	8.0375	12.3038	4.0477	9.4521	15.6910	7.2966	10.9524	19.5713
1.1432	7.0399	10.2308	2.1776	8.2705	13.0275	4.1650	9.7262	16.6140	7.5081	11.2699	20.7225
1.1745	7.2328	10.7991	2.2373	8.4972	13.7513	4.2791	9.9927	17.5370	7.7138	11.5787	21.8738
1.2050	7.4207	11.3675	2.2954	8.7179	14.4750	4.3903	10.2523	18.4600	7.9142	11.8795	23.0250
1.2347	7.6039	11.9359	2.3521	8.9332	15.1988	4.4987	10.5055	19.3830	8.1097	12.1729	24.1763
1.2638	7.7829	12.5043	2.4074	9.1434	15.9225	4.6046	10.7527	20.3060	8.3005	12.4594	25.3275
1.2922	7.9578	13.0726	2.4615	9.3489	16.6463	4.7081	10.9944	21.2290	8.4871	12.7394	26.4788
1.3200	8.1289	13.6410	2.5145	9.5500	17.3700	4.8093	11.2308	22.1520	8.6696	13.0134	27.6300
1.3472	8.2966	14.2094	2.5663	9.7469	18.0938	4.9085	11.4624	23.0750	8.8484	13.2817	28.7813
1.3739	8.4609	14.7778	2.6172	9.9399	18.8175	5.0057	11.6894	23.9980	9.0236	13.5448	29.9325
1.4001	8.6220	15.3461	2.6670	10.1293	19.5413	5.1011	11.9121	24.9210	9.1955	13.8028	31.0838
1.4258	8.7803	15.9145	2.7160	10.3152	20.2650	5.1947	12.1307	25.8440	9.3642	14.0561	32.2350

DN 500 mm			DN 630 mm			DN 800 mm			DN 1000 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
1.4510	8.9357	16.4829	2.7640	10.4978	20.9888	5.2866	12.3454	26.7670	9.5300	14.3049	33.3863
1.4758	9.0884	17.0513	2.8113	10.6772	21.7125	5.3770	12.5564	27.6900	9.6929	14.5494	34.5375
1.5002	9.2387	17.6196	2.8578	10.8537	22.4363	5.4659	12.7640	28.6130	9.8531	14.7899	35.6888
1.5242	9.3865	18.1880	2.9035	11.0274	23.1600	5.5533	12.9682	29.5360	10.0108	15.0266	36.8400
1.5478	9.5320	18.7564	2.9485	11.1984	23.8838	5.6394	13.1693	30.4590	10.1660	15.2596	37.9913
1.5711	9.6754	19.3248	2.9928	11.3668	24.6075	5.7243	13.3674	31.3820	10.3189	15.4890	39.1425
1.5941	9.8166	19.8931	3.0365	11.5327	25.3313	5.8078	13.5625	32.3050	10.4695	15.7152	40.2938
1.6167	9.9559	20.4615	3.0796	11.6963	26.0550	5.8902	13.7549	33.2280	10.6181	15.9381	41.4450
1.6390	10.0932	21.0299	3.1221	11.8576	26.7788	5.9715	13.9446	34.1510	10.7645	16.1579	42.5963
1.6610	10.2287	21.5983	3.1640	12.0168	27.5025	6.0516	14.1318	35.0740	10.9090	16.3748	43.7475
1.6827	10.3624	22.1666	3.2054	12.1739	28.2263	6.1307	14.3166	35.9970	11.0516	16.5889	44.8988
1.7041	10.4944	22.7350	3.2462	12.3290	28.9500	6.2088	14.4989	36.9200	11.1924	16.8002	46.0500
1.7253	10.6248	23.3034	3.2865	12.4821	29.6738	6.2860	14.6791	37.8430	11.3315	17.0089	47.2013
1.7462	10.7536	23.8718	3.3264	12.6335	30.3975	6.3622	14.8570	38.7660	11.4688	17.2151	48.3525
1.7669	10.8808	24.4401	3.3657	12.7830	31.1213	6.4374	15.0328	39.6890	11.6045	17.4188	49.5038
1.7873	11.0066	25.0085	3.4046	12.9308	31.8450	6.5119	15.2066	40.6120	11.7387	17.6202	50.6550
1.8075	11.1310	25.5769	3.4431	13.0769	32.5688	6.5855	15.3784	41.5350	11.8714	17.8193	51.8063
1.8275	11.2540	26.1453	3.4812	13.2214	33.2925	6.6582	15.5484	42.4580	12.0025	18.0162	52.9575
1.8472	11.3757	26.7136	3.5188	13.3643	34.0163	6.7302	15.7165	43.3810	12.1323	18.2110	54.1088
1.8668	11.4961	27.2820	3.5560	13.5057	34.7400	6.8014	15.8828	44.3040	12.2607	18.4037	55.2600
1.8861	11.6152	27.8504	3.5929	13.6457	35.4638	6.8719	16.0474	45.2270	12.3877	18.5944	56.4113
1.9053	11.7331	28.4188	3.6294	13.7842	36.1875	6.9417	16.2103	46.1500	12.5135	18.7832	57.5625
1.9242	11.8499	28.9871	3.6655	13.9214	36.9113	7.0107	16.3716	47.0730	12.6380	18.9701	58.7138
1.9430	11.9655	29.5555	3.7012	14.0572	37.6350	7.0791	16.5313	47.9960	12.7613	19.1552	59.8650
1.9616	12.0800	30.1239	3.7366	14.1917	38.3588	7.1469	16.6895	48.9190	12.8834	19.3385	61.0163
1.9800	12.1934	30.6923	3.7717	14.3250	39.0825	7.2140	16.8462	49.8420	13.0044	19.5201	62.1675
1.9982	12.3058	31.2606	3.8065	14.4570	39.8063	7.2805	17.0015	50.7650	13.1243	19.7000	63.3188
2.0163	12.4172	31.8290	3.8409	14.5879	40.5300	7.3464	17.1554	51.6880	13.2430	19.8783	64.4700
2.0343	12.5275	32.3974	3.8751	14.7175	41.2538	7.4117	17.3079	52.6110	13.3608	20.0550	65.6213
2.0520	12.6370	32.9658	3.9089	14.8461	41.9775	7.4764	17.4590	53.5340	13.4775	20.2301	66.7725
2.0696	12.7454	33.5341	3.9425	14.9735	42.7013	7.5406	17.6089	54.4570	13.5931	20.4038	67.9238
2.0871	12.8530	34.1025	3.9758	15.0999	43.4250	7.6042	17.7575	55.3800	13.7079	20.5760	69.0750

TUBO AMANCO NOVAFORT SN8
 Capacidad Hidráulica - Condición Máxima Velocidad (h/D=0,8)

Pendiente (m/m)	Coef.n: 0.01			Relac. h/D: 0.8			q (rad): 4.4286		
	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.001	0.0055	0.39	0.044	0.0100	0.46	0.055	0.0180	0.53	0.068
0.002	0.0078	0.56	0.088	0.0142	0.65	0.110	0.0255	0.75	0.137
0.003	0.0096	0.68	0.132	0.0173	0.79	0.165	0.0313	0.92	0.205
0.004	0.0111	0.79	0.176	0.0200	0.91	0.220	0.0361	1.06	0.274
0.005	0.0124	0.88	0.220	0.0224	1.02	0.274	0.0403	1.18	0.342
0.006	0.0135	0.96	0.264	0.0245	1.12	0.329	0.0442	1.30	0.411
0.007	0.0146	1.04	0.307	0.0265	1.21	0.384	0.0477	1.40	0.479
0.008	0.0156	1.11	0.351	0.0283	1.29	0.439	0.0510	1.50	0.548
0.009	0.0166	1.18	0.395	0.0300	1.37	0.494	0.0541	1.59	0.616
0.010	0.0175	1.24	0.439	0.0317	1.44	0.549	0.0571	1.67	0.684
0.015	0.0214	1.52	0.659	0.0388	1.77	0.823	0.0699	2.05	1.027
0.020	0.0247	1.76	0.879	0.0448	2.04	1.098	0.0807	2.37	1.369
0.025	0.0276	1.97	1.098	0.0501	2.28	1.372	0.0902	2.65	1.711
0.030	0.0303	2.16	1.318	0.0548	2.50	1.646	0.0988	2.90	2.053
0.035	0.0327	2.33	1.537	0.0592	2.70	1.921	0.1067	3.13	2.396
0.040	0.0350	2.49	1.757	0.0633	2.89	2.195	0.1141	3.35	2.738
0.045	0.0371	2.64	1.977	0.0672	3.06	2.469	0.1210	3.55	3.080
0.050	0.0391	2.78	2.196	0.0708	3.23	2.744	0.1276	3.74	3.422
0.055	0.0410	2.92	2.416	0.0742	3.39	3.018	0.1338	3.92	3.764
0.060	0.0428	3.05	2.636	0.0775	3.54	3.293	0.1398	4.10	4.107
0.065	0.0446	3.17	2.855	0.0807	3.68	3.567	0.1455	4.27	4.449
0.070	0.0463	3.29	3.075	0.0838	3.82	3.841	0.1510	4.43	4.791
0.075	0.0479	3.41	3.294	0.0867	3.95	4.116	0.1563	4.58	5.133
0.080	0.0495	3.52	3.514	0.0895	4.08	4.390	0.1614	4.73	5.475
0.085	0.0510	3.63	3.734	0.0923	4.21	4.664	0.1663	4.88	5.818
0.090	0.0525	3.73	3.953	0.0950	4.33	4.939	0.1712	5.02	6.160
0.095	0.0539	3.84	4.173	0.0976	4.45	5.213	0.1759	5.16	6.502
0.100	0.0553	3.94	4.393	0.1001	4.57	5.488	0.1804	5.29	6.844
0.105	0.0567	4.03	4.612	0.1026	4.68	5.762	0.1849	5.42	7.187
0.110	0.0580	4.13	4.832	0.1050	4.79	6.036	0.1892	5.55	7.529
0.115	0.0593	4.22	5.051	0.1073	4.90	6.311	0.1935	5.67	7.871
0.120	0.0606	4.31	5.271	0.1097	5.00	6.585	0.1976	5.80	8.213
0.125	0.0618	4.40	5.491	0.1119	5.11	6.860	0.2017	5.92	8.555
0.130	0.0630	4.49	5.710	0.1141	5.21	7.134	0.2057	6.03	8.898
0.135	0.0642	4.57	5.930	0.1163	5.31	7.408	0.2096	6.15	9.240
0.140	0.0654	4.66	6.150	0.1184	5.40	7.683	0.2135	6.26	9.582

Coef.n: 0.01 Relac. h/D: 0.8 q (rad): 4.4286									
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.145	0.0666	4.74	6.369	0.1205	5.50	7.957	0.2173	6.37	9.924
0.150	0.0677	4.82	6.589	0.1226	5.59	8.231	0.2210	6.48	10.267
0.155	0.0688	4.90	6.808	0.1246	5.69	8.506	0.2246	6.59	10.609
0.160	0.0699	4.98	7.028	0.1266	5.78	8.780	0.2282	6.69	10.951
0.165	0.0710	5.06	7.248	0.1286	5.87	9.055	0.2318	6.80	11.293
0.170	0.0721	5.13	7.467	0.1305	5.95	9.329	0.2353	6.90	11.635
0.175	0.0731	5.21	7.687	0.1324	6.04	9.603	0.2387	7.00	11.978
0.180	0.0742	5.28	7.907	0.1343	6.13	9.878	0.2421	7.10	12.320
0.185	0.0752	5.35	8.126	0.1362	6.21	10.152	0.2454	7.20	12.662
0.190	0.0762	5.43	8.346	0.1380	6.29	10.427	0.2487	7.29	13.004
0.195	0.0772	5.50	8.565	0.1398	6.38	10.701	0.2520	7.39	13.346
0.200	0.0782	5.57	8.785	0.1416	6.46	10.975	0.2552	7.48	13.689
0.205	0.0792	5.64	9.005	0.1433	6.54	11.250	0.2583	7.58	14.031
0.210	0.0801	5.70	9.224	0.1451	6.62	11.524	0.2615	7.67	14.373
0.215	0.0811	5.77	9.444	0.1468	6.70	11.798	0.2646	7.76	14.715
0.220	0.0820	5.84	9.664	0.1485	6.77	12.073	0.2676	7.85	15.058
0.225	0.0829	5.91	9.883	0.1502	6.85	12.347	0.2706	7.94	15.400
0.230	0.0839	5.97	10.103	0.1518	6.93	12.622	0.2736	8.02	15.742
0.235	0.0848	6.04	10.322	0.1535	7.00	12.896	0.2766	8.11	16.084
0.240	0.0857	6.10	10.542	0.1551	7.07	13.170	0.2795	8.20	16.426
0.245	0.0865	6.16	10.762	0.1567	7.15	13.445	0.2824	8.28	16.769
0.250	0.0874	6.22	10.981	0.1583	7.22	13.719	0.2853	8.37	17.111
0.255	0.0883	6.29	11.201	0.1599	7.29	13.993	0.2881	8.45	17.453
0.260	0.0892	6.35	11.421	0.1614	7.36	14.268	0.2909	8.53	17.795
0.265	0.0900	6.41	11.640	0.1630	7.43	14.542	0.2937	8.61	18.138
0.270	0.0909	6.47	11.860	0.1645	7.50	14.817	0.2965	8.69	18.480
0.275	0.0917	6.53	12.080	0.1660	7.57	15.091	0.2992	8.77	18.822
0.280	0.0925	6.59	12.299	0.1675	7.64	15.365	0.3019	8.85	19.164
0.285	0.0933	6.65	12.519	0.1690	7.71	15.640	0.3046	8.93	19.506
0.290	0.0942	6.70	12.738	0.1705	7.78	15.914	0.3073	9.01	19.849
0.295	0.0950	6.76	12.958	0.1719	7.84	16.189	0.3099	9.09	20.191
0.300	0.0958	6.82	13.178	0.1734	7.91	16.463	0.3125	9.16	20.533

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m ³ /s)	U (m/s)	t (kg/m ²)	Q (m ³ /s)	U (m/s)	t (kg/m ²)	Q (m ³ /s)	U (m/s)	t (kg/m ²)
0.0336	0.62	0.086	0.0462	0.67	0.097	0.0637	0.73	0.110
0.0475	0.87	0.173	0.0653	0.95	0.195	0.0900	1.03	0.220
0.0582	1.07	0.259	0.0799	1.16	0.292	0.1103	1.26	0.329
0.0672	1.24	0.346	0.0923	1.34	0.389	0.1273	1.45	0.439
0.0751	1.38	0.432	0.1032	1.50	0.487	0.1423	1.62	0.549
0.0823	1.51	0.519	0.1131	1.64	0.584	0.1559	1.78	0.659
0.0889	1.64	0.605	0.1221	1.77	0.681	0.1684	1.92	0.769
0.0951	1.75	0.691	0.1305	1.89	0.779	0.1800	2.05	0.879
0.1008	1.85	0.778	0.1385	2.01	0.876	0.1910	2.18	0.988
0.1063	1.95	0.864	0.1460	2.12	0.973	0.2013	2.29	1.098
0.1302	2.39	1.296	0.1788	2.59	1.460	0.2465	2.81	1.647
0.1503	2.76	1.728	0.2064	2.99	1.947	0.2847	3.24	2.196
0.1680	3.09	2.161	0.2308	3.35	2.434	0.3183	3.63	2.745
0.1841	3.39	2.593	0.2528	3.67	2.920	0.3487	3.97	3.294
0.1988	3.66	3.025	0.2731	3.96	3.407	0.3766	4.29	3.843
0.2125	3.91	3.457	0.2919	4.23	3.894	0.4026	4.59	4.393
0.2254	4.15	3.889	0.3096	4.49	4.380	0.4270	4.86	4.942
0.2376	4.37	4.321	0.3264	4.73	4.867	0.4501	5.13	5.491
0.2492	4.58	4.753	0.3423	4.96	5.354	0.4721	5.38	6.040
0.2603	4.79	5.185	0.3575	5.18	5.841	0.4931	5.62	6.589
0.2709	4.98	5.617	0.3721	5.39	6.327	0.5132	5.85	7.138
0.2812	5.17	6.049	0.3862	5.60	6.814	0.5326	6.07	7.687
0.2910	5.35	6.482	0.3997	5.80	7.301	0.5513	6.28	8.236
0.3006	5.53	6.914	0.4128	5.99	7.787	0.5694	6.49	8.785
0.3098	5.70	7.346	0.4255	6.17	8.274	0.5869	6.69	9.334
0.3188	5.86	7.778	0.4379	6.35	8.761	0.6039	6.88	9.883
0.3275	6.02	8.210	0.4499	6.52	9.247	0.6204	7.07	10.432
0.3361	6.18	8.642	0.4615	6.69	9.734	0.6366	7.25	10.981
0.3444	6.33	9.074	0.4729	6.86	10.221	0.6523	7.43	11.530
0.3525	6.48	9.506	0.4841	7.02	10.708	0.6676	7.61	12.080
0.3604	6.63	9.938	0.4950	7.18	11.194	0.6826	7.78	12.629
0.3681	6.77	10.371	0.5056	7.33	11.681	0.6973	7.94	13.178
0.3757	6.91	10.803	0.5160	7.48	12.168	0.7117	8.11	13.727
0.3832	7.05	11.235	0.5262	7.63	12.654	0.7258	8.27	14.276
0.3905	7.18	11.667	0.5363	7.77	13.141	0.7396	8.43	14.825
0.3976	7.31	12.099	0.5461	7.92	13.628	0.7532	8.58	15.374

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.4047	7.44	12.531	0.5558	8.06	14.115	0.7665	8.73	15.923
0.4116	7.57	12.963	0.5653	8.20	14.601	0.7796	8.88	16.472
0.4184	7.70	13.395	0.5746	8.33	15.088	0.7925	9.03	17.021
0.4251	7.82	13.827	0.5838	8.46	15.575	0.8052	9.17	17.570
0.4317	7.94	14.260	0.5929	8.60	16.061	0.8177	9.31	18.119
0.4382	8.06	14.692	0.6018	8.72	16.548	0.8300	9.46	18.668
0.4446	8.18	15.124	0.6106	8.85	17.035	0.8421	9.59	19.217
0.4509	8.29	15.556	0.6192	8.98	17.522	0.8540	9.73	19.766
0.4571	8.41	15.988	0.6278	9.10	18.008	0.8658	9.86	20.316
0.4632	8.52	16.420	0.6362	9.22	18.495	0.8774	10.00	20.865
0.4693	8.63	16.852	0.6445	9.34	18.982	0.8889	10.13	21.414
0.4753	8.74	17.284	0.6527	9.46	19.468	0.9002	10.26	21.963
0.4812	8.85	17.716	0.6608	9.58	19.955	0.9114	10.38	22.512
0.4870	8.96	18.148	0.6688	9.70	20.442	0.9225	10.51	23.061
0.4928	9.06	18.581	0.6768	9.81	20.928	0.9334	10.63	23.610
0.4984	9.17	19.013	0.6846	9.93	21.415	0.9442	10.76	24.159
0.5041	9.27	19.445	0.6923	10.04	21.902	0.9548	10.88	24.708
0.5097	9.37	19.877	0.7000	10.15	22.389	0.9654	11.00	25.257
0.5152	9.48	20.309	0.7075	10.26	22.875	0.9758	11.12	25.806
0.5206	9.58	20.741	0.7150	10.37	23.362	0.9862	11.23	26.355
0.5260	9.68	21.173	0.7224	10.47	23.849	0.9964	11.35	26.904
0.5313	9.77	21.605	0.7298	10.58	24.335	1.0065	11.47	27.453
0.5366	9.87	22.037	0.7370	10.69	24.822	1.0165	11.58	28.003
0.5419	9.97	22.470	0.7442	10.79	25.309	1.0264	11.69	28.552
0.5471	10.06	22.902	0.7513	10.89	25.796	1.0362	11.80	29.101
0.5522	10.16	23.334	0.7584	11.00	26.282	1.0460	11.92	29.650
0.5573	10.25	23.766	0.7654	11.10	26.769	1.0556	12.03	30.199
0.5623	10.34	24.198	0.7723	11.20	27.256	1.0652	12.13	30.748
0.5673	10.44	24.630	0.7792	11.30	27.742	1.0746	12.24	31.297
0.5723	10.53	25.062	0.7860	11.40	28.229	1.0840	12.35	31.846
0.5772	10.62	25.494	0.7927	11.49	28.716	1.0933	12.46	32.395
0.5821	10.71	25.926	0.7994	11.59	29.203	1.1026	12.56	32.944

TUBO AMANCO NOVAFORT SN8

Capacidad Hidráulica - Condición Máxima Velocidad (h/D=0,8)

Pendiente (m/m)	Coef.n: 0.01			Relac. h/D: 0.94			q (rad): 5.2933		
	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.001	0.0061	0.38	0.042	0.0110	0.44	0.052	0.0199	0.51	0.065
0.002	0.0086	0.54	0.084	0.0156	0.62	0.104	0.0281	0.72	0.130
0.003	0.0105	0.66	0.125	0.0191	0.77	0.157	0.0344	0.89	0.195
0.004	0.0122	0.76	0.167	0.0220	0.88	0.209	0.0397	1.02	0.261
0.005	0.0136	0.85	0.209	0.0246	0.99	0.261	0.0444	1.14	0.326
0.006	0.0149	0.93	0.251	0.0270	1.08	0.313	0.0486	1.25	0.391
0.007	0.0161	1.01	0.293	0.0291	1.17	0.366	0.0525	1.35	0.456
0.008	0.0172	1.08	0.334	0.0312	1.25	0.418	0.0562	1.45	0.521
0.009	0.0183	1.14	0.376	0.0330	1.33	0.470	0.0596	1.54	0.586
0.010	0.0192	1.20	0.418	0.0348	1.40	0.522	0.0628	1.62	0.651
0.015	0.0236	1.48	0.627	0.0427	1.71	0.783	0.0769	1.98	0.977
0.020	0.0272	1.70	0.836	0.0493	1.98	1.044	0.0888	2.29	1.303
0.025	0.0304	1.90	1.045	0.0551	2.21	1.306	0.0993	2.56	1.628
0.030	0.0333	2.09	1.254	0.0603	2.42	1.567	0.1088	2.80	1.954
0.035	0.0360	2.25	1.463	0.0652	2.61	1.828	0.1175	3.03	2.280
0.040	0.0385	2.41	1.672	0.0697	2.79	2.089	0.1256	3.24	2.605
0.045	0.0408	2.56	1.881	0.0739	2.96	2.350	0.1332	3.43	2.931
0.050	0.0430	2.69	2.090	0.0779	3.12	2.611	0.1404	3.62	3.257
0.055	0.0451	2.82	2.299	0.0817	3.28	2.872	0.1473	3.80	3.582
0.060	0.0471	2.95	2.508	0.0853	3.42	3.133	0.1538	3.97	3.908
0.065	0.0491	3.07	2.717	0.0888	3.56	3.394	0.1601	4.13	4.234
0.070	0.0509	3.19	2.926	0.0922	3.70	3.656	0.1661	4.28	4.559
0.075	0.0527	3.30	3.135	0.0954	3.83	3.917	0.1720	4.43	4.885
0.080	0.0544	3.41	3.344	0.0985	3.95	4.178	0.1776	4.58	5.211
0.085	0.0561	3.51	3.553	0.1016	4.07	4.439	0.1831	4.72	5.536
0.090	0.0577	3.61	3.762	0.1045	4.19	4.700	0.1884	4.86	5.862
0.095	0.0593	3.71	3.971	0.1074	4.31	4.961	0.1935	4.99	6.188
0.100	0.0608	3.81	4.180	0.1102	4.42	5.222	0.1986	5.12	6.513
0.105	0.0624	3.90	4.389	0.1129	4.53	5.483	0.2035	5.25	6.839
0.110	0.0638	3.99	4.598	0.1155	4.63	5.744	0.2082	5.37	7.165
0.115	0.0653	4.08	4.807	0.1181	4.74	6.006	0.2129	5.49	7.490
0.120	0.0667	4.17	5.016	0.1207	4.84	6.267	0.2175	5.61	7.816
0.125	0.0680	4.26	5.225	0.1232	4.94	6.528	0.2220	5.72	8.142
0.130	0.0694	4.34	5.434	0.1256	5.04	6.789	0.2264	5.84	8.467
0.135	0.0707	4.43	5.643	0.1280	5.13	7.050	0.2307	5.95	8.793
0.140	0.0720	4.51	5.852	0.1303	5.23	7.311	0.2349	6.06	9.119

Coef.n: 0.01 Relac. h/D: 0.94 q (rad): 5.2933									
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.145	0.0733	4.59	6.061	0.1327	5.32	7.572	0.2391	6.16	9.444
0.150	0.0745	4.66	6.270	0.1349	5.41	7.833	0.2432	6.27	9.770
0.155	0.0758	4.74	6.479	0.1372	5.50	8.094	0.2472	6.37	10.096
0.160	0.0770	4.82	6.688	0.1393	5.59	8.356	0.2512	6.48	10.421
0.165	0.0782	4.89	6.897	0.1415	5.68	8.617	0.2551	6.58	10.747
0.170	0.0793	4.97	7.106	0.1436	5.76	8.878	0.2589	6.67	11.073
0.175	0.0805	5.04	7.315	0.1457	5.84	9.139	0.2627	6.77	11.398
0.180	0.0816	5.11	7.524	0.1478	5.93	9.400	0.2664	6.87	11.724
0.185	0.0828	5.18	7.733	0.1498	6.01	9.661	0.2701	6.96	12.050
0.190	0.0839	5.25	7.942	0.1518	6.09	9.922	0.2737	7.06	12.375
0.195	0.0850	5.32	8.151	0.1538	6.17	10.183	0.2773	7.15	12.701
0.200	0.0861	5.39	8.360	0.1558	6.25	10.444	0.2808	7.24	13.027
0.205	0.0871	5.45	8.569	0.1577	6.33	10.706	0.2843	7.33	13.352
0.210	0.0882	5.52	8.778	0.1596	6.40	10.967	0.2877	7.42	13.678
0.215	0.0892	5.58	8.987	0.1615	6.48	11.228	0.2911	7.51	14.004
0.220	0.0903	5.65	9.196	0.1634	6.55	11.489	0.2945	7.59	14.329
0.225	0.0913	5.71	9.405	0.1652	6.63	11.750	0.2978	7.68	14.655
0.230	0.0923	5.78	9.614	0.1671	6.70	12.011	0.3011	7.76	14.981
0.235	0.0933	5.84	9.823	0.1689	6.77	12.272	0.3044	7.85	15.306
0.240	0.0943	5.90	10.032	0.1707	6.84	12.533	0.3076	7.93	15.632
0.245	0.0952	5.96	10.241	0.1724	6.92	12.795	0.3108	8.01	15.958
0.250	0.0962	6.02	10.450	0.1742	6.99	13.056	0.3139	8.09	16.283
0.255	0.0972	6.08	10.659	0.1759	7.06	13.317	0.3171	8.17	16.609
0.260	0.0981	6.14	10.868	0.1776	7.12	13.578	0.3202	8.25	16.935
0.265	0.0991	6.20	11.077	0.1793	7.19	13.839	0.3232	8.33	17.260
0.270	0.1000	6.26	11.286	0.1810	7.26	14.100	0.3263	8.41	17.586
0.275	0.1009	6.32	11.495	0.1827	7.33	14.361	0.3293	8.49	17.912
0.280	0.1018	6.37	11.704	0.1843	7.39	14.622	0.3323	8.57	18.237
0.285	0.1027	6.43	11.913	0.1860	7.46	14.883	0.3352	8.64	18.563
0.290	0.1036	6.49	12.122	0.1876	7.52	15.145	0.3381	8.72	18.889
0.295	0.1045	6.54	12.331	0.1892	7.59	15.406	0.3410	8.79	19.214
0.300	0.1054	6.60	12.540	0.1908	7.65	15.667	0.3439	8.87	19.540

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.0370	0.60	0.082	0.0508	0.65	0.093	0.0701	0.70	0.105
0.0523	0.85	0.164	0.0718	0.92	0.185	0.0991	0.99	0.209
0.0641	1.04	0.247	0.0880	1.12	0.278	0.1213	1.22	0.314
0.0740	1.20	0.329	0.1016	1.29	0.371	0.1401	1.40	0.418
0.0827	1.34	0.411	0.1136	1.45	0.463	0.1566	1.57	0.523
0.0906	1.46	0.493	0.1244	1.59	0.556	0.1716	1.72	0.627
0.0978	1.58	0.576	0.1344	1.71	0.648	0.1853	1.86	0.732
0.1046	1.69	0.658	0.1437	1.83	0.741	0.1981	1.98	0.836
0.1109	1.79	0.740	0.1524	1.94	0.834	0.2102	2.10	0.941
0.1169	1.89	0.822	0.1606	2.05	0.926	0.2215	2.22	1.045
0.1432	2.32	1.234	0.1967	2.51	1.390	0.2713	2.72	1.568
0.1654	2.67	1.645	0.2272	2.90	1.853	0.3133	3.14	2.090
0.1849	2.99	2.056	0.2540	3.24	2.316	0.3503	3.51	2.613
0.2026	3.28	2.467	0.2782	3.55	2.779	0.3837	3.84	3.135
0.2188	3.54	2.878	0.3005	3.83	3.242	0.4144	4.15	3.658
0.2339	3.78	3.290	0.3212	4.09	3.705	0.4430	4.44	4.180
0.2481	4.01	3.701	0.3407	4.34	4.169	0.4699	4.71	4.703
0.2615	4.23	4.112	0.3592	4.58	4.632	0.4953	4.96	5.225
0.2743	4.44	4.523	0.3767	4.80	5.095	0.5195	5.20	5.748
0.2865	4.63	4.935	0.3934	5.01	5.558	0.5426	5.43	6.270
0.2982	4.82	5.346	0.4095	5.22	6.021	0.5648	5.66	6.793
0.3094	5.00	5.757	0.4250	5.42	6.484	0.5861	5.87	7.315
0.3203	5.18	6.168	0.4399	5.61	6.948	0.6067	6.08	7.838
0.3308	5.35	6.579	0.4543	5.79	7.411	0.6266	6.28	8.360
0.3410	5.51	6.991	0.4683	5.97	7.874	0.6458	6.47	8.883
0.3508	5.67	7.402	0.4819	6.14	8.337	0.6646	6.66	9.405
0.3605	5.83	7.813	0.4951	6.31	8.800	0.6828	6.84	9.928
0.3698	5.98	8.224	0.5079	6.47	9.263	0.7005	7.02	10.450
0.3790	6.13	8.635	0.5205	6.63	9.727	0.7178	7.19	10.973
0.3879	6.27	9.047	0.5327	6.79	10.190	0.7347	7.36	11.495
0.3966	6.41	9.458	0.5447	6.94	10.653	0.7512	7.52	12.018
0.4051	6.55	9.869	0.5564	7.09	11.116	0.7674	7.69	12.540
0.4135	6.69	10.280	0.5679	7.24	11.579	0.7832	7.84	13.063
0.4217	6.82	10.691	0.5791	7.38	12.042	0.7987	8.00	13.585
0.4297	6.95	11.103	0.5902	7.52	12.506	0.8139	8.15	14.108
0.4376	7.08	11.514	0.6010	7.66	12.969	0.8289	8.30	14.630

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.4453	7.20	11.925	0.6116	7.80	13.432	0.8435	8.45	15.153
0.4529	7.32	12.336	0.6221	7.93	13.895	0.8580	8.59	15.675
0.4604	7.45	12.747	0.6324	8.06	14.358	0.8721	8.73	16.198
0.4678	7.56	13.159	0.6425	8.19	14.821	0.8861	8.87	16.720
0.4750	7.68	13.570	0.6524	8.32	15.285	0.8998	9.01	17.243
0.4822	7.80	13.981	0.6623	8.44	15.748	0.9134	9.15	17.765
0.4892	7.91	14.392	0.6719	8.56	16.211	0.9267	9.28	18.288
0.4962	8.02	14.804	0.6815	8.69	16.674	0.9398	9.41	18.811
0.5030	8.13	15.215	0.6909	8.81	17.137	0.9528	9.54	19.333
0.5098	8.24	15.626	0.7001	8.92	17.600	0.9656	9.67	19.856
0.5164	8.35	16.037	0.7093	9.04	18.064	0.9782	9.80	20.378
0.5230	8.46	16.448	0.7183	9.16	18.527	0.9907	9.92	20.901
0.5295	8.56	16.860	0.7272	9.27	18.990	1.0030	10.05	21.423
0.5359	8.67	17.271	0.7361	9.38	19.453	1.0151	10.17	21.946
0.5423	8.77	17.682	0.7448	9.49	19.916	1.0272	10.29	22.468
0.5485	8.87	18.093	0.7534	9.60	20.380	1.0390	10.41	22.991
0.5547	8.97	18.504	0.7619	9.71	20.843	1.0508	10.52	23.513
0.5609	9.07	18.916	0.7703	9.82	21.306	1.0624	10.64	24.036
0.5669	9.17	19.327	0.7786	9.92	21.769	1.0739	10.76	24.558
0.5729	9.26	19.738	0.7869	10.03	22.232	1.0852	10.87	25.081
0.5789	9.36	20.149	0.7950	10.13	22.695	1.0965	10.98	25.603
0.5847	9.46	20.560	0.8031	10.24	23.159	1.1076	11.09	26.126
0.5906	9.55	20.972	0.8111	10.34	23.622	1.1186	11.20	26.648
0.5963	9.64	21.383	0.8190	10.44	24.085	1.1295	11.31	27.171
0.6020	9.74	21.794	0.8268	10.54	24.548	1.1404	11.42	27.693
0.6077	9.83	22.205	0.8346	10.64	25.011	1.1511	11.53	28.216
0.6133	9.92	22.616	0.8423	10.74	25.474	1.1617	11.63	28.738
0.6188	10.01	23.028	0.8499	10.83	25.938	1.1722	11.74	29.261
0.6243	10.10	23.439	0.8575	10.93	26.401	1.1826	11.84	29.783
0.6298	10.18	23.850	0.8650	11.03	26.864	1.1929	11.95	30.306
0.6352	10.27	24.261	0.8724	11.12	27.327	1.2032	12.05	30.828
0.6405	10.36	24.673	0.8798	11.21	27.790	1.2133	12.15	31.351

TUBO AMANCO NOVAFORT SN8
Capacidad Hidráulica - Condición Sección Llena (h/D=1)

Pendiente (m/m)	Coef.n: 0.01			Relac. h/D: 1			q (rad): 6.2832		
	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.001	0.0057	0.35	0.036	0.0102	0.40	0.045	0.0185	0.46	0.056
0.002	0.0080	0.49	0.072	0.0145	0.57	0.090	0.0261	0.66	0.113
0.003	0.0098	0.60	0.108	0.0177	0.69	0.135	0.0320	0.80	0.169
0.004	0.0113	0.69	0.144	0.0205	0.80	0.180	0.0369	0.93	0.225
0.005	0.0126	0.77	0.181	0.0229	0.90	0.226	0.0413	1.04	0.281
0.006	0.0139	0.85	0.217	0.0251	0.98	0.271	0.0452	1.14	0.338
0.007	0.0150	0.91	0.253	0.0271	1.06	0.316	0.0488	1.23	0.394
0.008	0.0160	0.98	0.289	0.0290	1.13	0.361	0.0522	1.31	0.450
0.009	0.0170	1.04	0.325	0.0307	1.20	0.406	0.0554	1.39	0.506
0.010	0.0179	1.09	0.361	0.0324	1.27	0.451	0.0584	1.47	0.563
0.015	0.0219	1.34	0.542	0.0397	1.55	0.677	0.0715	1.80	0.844
0.020	0.0253	1.54	0.722	0.0458	1.79	0.902	0.0826	2.08	1.125
0.025	0.0283	1.73	0.903	0.0512	2.00	1.128	0.0923	2.32	1.406
0.030	0.0310	1.89	1.083	0.0561	2.19	1.353	0.1011	2.54	1.688
0.035	0.0335	2.04	1.264	0.0606	2.37	1.579	0.1092	2.75	1.969
0.040	0.0358	2.18	1.444	0.0648	2.53	1.804	0.1167	2.94	2.250
0.045	0.0379	2.32	1.625	0.0687	2.69	2.030	0.1238	3.11	2.531
0.050	0.0400	2.44	1.805	0.0724	2.83	2.255	0.1305	3.28	2.813
0.055	0.0420	2.56	1.986	0.0760	2.97	2.481	0.1369	3.44	3.094
0.060	0.0438	2.68	2.166	0.0793	3.10	2.706	0.1430	3.60	3.375
0.065	0.0456	2.78	2.347	0.0826	3.23	2.932	0.1488	3.74	3.656
0.070	0.0473	2.89	2.527	0.0857	3.35	3.157	0.1544	3.88	3.938
0.075	0.0490	2.99	2.708	0.0887	3.47	3.383	0.1599	4.02	4.219
0.080	0.0506	3.09	2.888	0.0916	3.58	3.608	0.1651	4.15	4.500
0.085	0.0522	3.18	3.069	0.0944	3.69	3.834	0.1702	4.28	4.781
0.090	0.0537	3.28	3.249	0.0972	3.80	4.059	0.1751	4.40	5.063
0.095	0.0551	3.37	3.430	0.0998	3.91	4.285	0.1799	4.52	5.344
0.100	0.0566	3.45	3.610	0.1024	4.01	4.510	0.1846	4.64	5.625
0.105	0.0580	3.54	3.791	0.1049	4.11	4.736	0.1891	4.76	5.906
0.110	0.0593	3.62	3.971	0.1074	4.20	4.961	0.1936	4.87	6.188
0.115	0.0607	3.70	4.152	0.1098	4.30	5.187	0.1979	4.98	6.469
0.120	0.0620	3.78	4.332	0.1122	4.39	5.412	0.2022	5.09	6.750
0.125	0.0632	3.86	4.513	0.1145	4.48	5.638	0.2064	5.19	7.031
0.130	0.0645	3.94	4.693	0.1168	4.57	5.863	0.2105	5.29	7.313
0.135	0.0657	4.01	4.874	0.1190	4.66	6.089	0.2145	5.39	7.594
0.140	0.0669	4.09	5.054	0.1212	4.74	6.314	0.2184	5.49	7.875

Coef.n: 0.01 Relac. h/D: 1 q (rad): 6.2832									
Pendiente (m/m)	DN 160 mm			DN 200 mm			DN 250 mm		
	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.145	0.0681	4.16	5.235	0.1233	4.82	6.540	0.2223	5.59	8.156
0.150	0.0693	4.23	5.415	0.1254	4.91	6.765	0.2261	5.69	8.438
0.155	0.0704	4.30	5.596	0.1275	4.99	6.991	0.2298	5.78	8.719
0.160	0.0716	4.37	5.776	0.1295	5.07	7.216	0.2335	5.87	9.000
0.165	0.0727	4.44	5.957	0.1315	5.15	7.442	0.2371	5.96	9.281
0.170	0.0738	4.50	6.137	0.1335	5.22	7.667	0.2407	6.05	9.563
0.175	0.0748	4.57	6.318	0.1355	5.30	7.893	0.2442	6.14	9.844
0.180	0.0759	4.63	6.498	0.1374	5.38	8.118	0.2477	6.23	10.125
0.185	0.0769	4.70	6.679	0.1393	5.45	8.344	0.2511	6.31	10.406
0.190	0.0780	4.76	6.859	0.1412	5.52	8.569	0.2544	6.40	10.688
0.195	0.0790	4.82	7.040	0.1430	5.60	8.795	0.2578	6.48	10.969
0.200	0.0800	4.88	7.220	0.1448	5.67	9.020	0.2610	6.57	11.250
0.205	0.0810	4.95	7.401	0.1466	5.74	9.246	0.2643	6.65	11.531
0.210	0.0820	5.01	7.581	0.1484	5.81	9.471	0.2675	6.73	11.813
0.215	0.0829	5.06	7.762	0.1502	5.87	9.697	0.2707	6.81	12.094
0.220	0.0839	5.12	7.942	0.1519	5.94	9.922	0.2738	6.89	12.375
0.225	0.0849	5.18	8.123	0.1536	6.01	10.148	0.2769	6.96	12.656
0.230	0.0858	5.24	8.303	0.1553	6.08	10.373	0.2799	7.04	12.938
0.235	0.0867	5.30	8.484	0.1570	6.14	10.599	0.2830	7.12	13.219
0.240	0.0876	5.35	8.664	0.1587	6.21	10.824	0.2860	7.19	13.500
0.245	0.0885	5.41	8.845	0.1603	6.27	11.050	0.2889	7.27	13.781
0.250	0.0894	5.46	9.025	0.1619	6.34	11.275	0.2919	7.34	14.063
0.255	0.0903	5.52	9.206	0.1635	6.40	11.501	0.2948	7.41	14.344
0.260	0.0912	5.57	9.386	0.1651	6.46	11.726	0.2976	7.49	14.625
0.265	0.0921	5.62	9.567	0.1667	6.52	11.952	0.3005	7.56	14.906
0.270	0.0929	5.68	9.747	0.1683	6.58	12.177	0.3033	7.63	15.188
0.275	0.0938	5.73	9.928	0.1698	6.64	12.403	0.3061	7.70	15.469
0.280	0.0947	5.78	10.108	0.1714	6.70	12.628	0.3089	7.77	15.750
0.285	0.0955	5.83	10.289	0.1729	6.76	12.854	0.3116	7.84	16.031
0.290	0.0963	5.88	10.469	0.1744	6.82	13.079	0.3143	7.91	16.313
0.295	0.0972	5.93	10.650	0.1759	6.88	13.305	0.3170	7.97	16.594
0.300	0.0980	5.98	10.830	0.1774	6.94	13.530	0.3197	8.04	16.875

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.0344	0.54	0.071	0.0472	0.59	0.080	0.0651	0.64	0.090
0.0486	0.77	0.142	0.0668	0.83	0.160	0.0921	0.90	0.181
0.0595	0.94	0.213	0.0818	1.02	0.240	0.1128	1.10	0.271
0.0688	1.08	0.284	0.0944	1.17	0.320	0.1302	1.27	0.361
0.0769	1.21	0.355	0.1056	1.31	0.400	0.1456	1.42	0.451
0.0842	1.33	0.426	0.1157	1.44	0.480	0.1595	1.56	0.542
0.0910	1.43	0.497	0.1249	1.55	0.560	0.1723	1.68	0.632
0.0972	1.53	0.568	0.1336	1.66	0.640	0.1842	1.80	0.722
0.1031	1.63	0.639	0.1417	1.76	0.720	0.1954	1.91	0.812
0.1087	1.72	0.710	0.1493	1.86	0.800	0.2059	2.01	0.903
0.1332	2.10	1.065	0.1829	2.27	1.200	0.2522	2.46	1.354
0.1538	2.43	1.421	0.2112	2.63	1.600	0.2912	2.85	1.805
0.1719	2.71	1.776	0.2361	2.94	2.000	0.3256	3.18	2.256
0.1883	2.97	2.131	0.2586	3.22	2.400	0.3567	3.48	2.708
0.2034	3.21	2.486	0.2794	3.47	2.800	0.3853	3.76	3.159
0.2174	3.43	2.841	0.2986	3.71	3.200	0.4119	4.02	3.610
0.2306	3.64	3.196	0.3168	3.94	3.600	0.4369	4.27	4.061
0.2431	3.83	3.551	0.3339	4.15	4.000	0.4605	4.50	4.513
0.2550	4.02	3.906	0.3502	4.35	4.400	0.4830	4.72	4.964
0.2663	4.20	4.262	0.3658	4.55	4.800	0.5044	4.93	5.415
0.2772	4.37	4.617	0.3807	4.73	5.200	0.5250	5.13	5.866
0.2876	4.54	4.972	0.3951	4.91	5.600	0.5449	5.32	6.318
0.2977	4.70	5.327	0.4089	5.08	6.000	0.5640	5.51	6.769
0.3075	4.85	5.682	0.4223	5.25	6.400	0.5825	5.69	7.220
0.3170	5.00	6.037	0.4353	5.41	6.800	0.6004	5.87	7.671
0.3262	5.15	6.392	0.4480	5.57	7.200	0.6178	6.04	8.123
0.3351	5.29	6.747	0.4602	5.72	7.600	0.6347	6.20	8.574
0.3438	5.42	7.103	0.4722	5.87	8.000	0.6512	6.36	9.025
0.3523	5.56	7.458	0.4839	6.02	8.400	0.6673	6.52	9.476
0.3606	5.69	7.813	0.4952	6.16	8.800	0.6830	6.67	9.928
0.3687	5.82	8.168	0.5064	6.30	9.200	0.6984	6.82	10.379
0.3766	5.94	8.523	0.5173	6.43	9.600	0.7134	6.97	10.830
0.3844	6.06	8.878	0.5279	6.56	10.000	0.7281	7.11	11.281
0.3920	6.18	9.233	0.5384	6.69	10.400	0.7425	7.25	11.733
0.3995	6.30	9.588	0.5486	6.82	10.800	0.7567	7.39	12.184
0.4068	6.42	9.944	0.5587	6.95	11.200	0.7705	7.53	12.635

DN 315 mm			DN 355 mm			DN 400 mm		
Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)	Q (m3/s)	U (m/s)	t (kg/m2)
0.4140	6.53	10.299	0.5686	7.07	11.600	0.7842	7.66	13.086
0.4211	6.64	10.654	0.5783	7.19	12.000	0.7976	7.79	13.538
0.4280	6.75	11.009	0.5879	7.31	12.400	0.8108	7.92	13.989
0.4349	6.86	11.364	0.5973	7.43	12.800	0.8238	8.05	14.440
0.4416	6.97	11.719	0.6065	7.54	13.200	0.8365	8.17	14.891
0.4483	7.07	12.074	0.6157	7.66	13.600	0.8491	8.30	15.343
0.4548	7.17	12.429	0.6246	7.77	14.000	0.8615	8.42	15.794
0.4613	7.28	12.785	0.6335	7.88	14.400	0.8737	8.54	16.245
0.4676	7.38	13.140	0.6422	7.99	14.800	0.8858	8.65	16.696
0.4739	7.48	13.495	0.6509	8.09	15.200	0.8977	8.77	17.148
0.4801	7.57	13.850	0.6594	8.20	15.600	0.9094	8.88	17.599
0.4862	7.67	14.205	0.6678	8.30	16.000	0.9210	9.00	18.050
0.4922	7.77	14.560	0.6761	8.41	16.400	0.9324	9.11	18.501
0.4982	7.86	14.915	0.6843	8.51	16.800	0.9437	9.22	18.953
0.5041	7.95	15.270	0.6924	8.61	17.200	0.9549	9.33	19.404
0.5099	8.04	15.626	0.7004	8.71	17.600	0.9659	9.44	19.855
0.5157	8.14	15.981	0.7083	8.81	18.000	0.9768	9.54	20.306
0.5214	8.23	16.336	0.7161	8.90	18.400	0.9876	9.65	20.758
0.5270	8.31	16.691	0.7239	9.00	18.800	0.9983	9.75	21.209
0.5326	8.40	17.046	0.7315	9.10	19.200	1.0089	9.86	21.660
0.5381	8.49	17.401	0.7391	9.19	19.600	1.0193	9.96	22.111
0.5436	8.58	17.756	0.7466	9.28	20.000	1.0297	10.06	22.563
0.5490	8.66	18.111	0.7540	9.38	20.400	1.0399	10.16	23.014
0.5544	8.75	18.467	0.7614	9.47	20.800	1.0501	10.26	23.465
0.5597	8.83	18.822	0.7687	9.56	21.200	1.0601	10.36	23.916
0.5649	8.91	19.177	0.7759	9.65	21.600	1.0701	10.45	24.368
0.5701	8.99	19.532	0.7830	9.74	22.000	1.0799	10.55	24.819
0.5753	9.08	19.887	0.7901	9.82	22.400	1.0897	10.65	25.270
0.5804	9.16	20.242	0.7971	9.91	22.800	1.0994	10.74	25.721
0.5855	9.24	20.597	0.8041	10.00	23.200	1.1090	10.84	26.173
0.5905	9.32	20.952	0.8110	10.08	23.600	1.1185	10.93	26.624
0.5955	9.39	21.308	0.8179	10.17	24.000	1.1280	11.02	27.075

TUBO PVC COMPACTO vs. NOVAFORT
Capacidad Hidráulica

Coef.n: 0.01		Relac. h/D: 0.94				
Pendiente (m/m): 0.001				q (rad): 5.2933		
DN (mm)	COMPACTO - SN2			NOVAFORT - SN4		
	e (mm)	Di (mm)	Q (m3/s)	h (mm)	Di (mm)	Q (m3/s)
160	3.2	153.6	0.007174	7.4	145.0	0.006152
200	4	192.0	0.013008	9.2	181.4	0.011180
250	4.9	240.2	0.023637	11.5	226.3	0.020163
315	6.2	302.6	0.043757	14.1	286.4	0.037786
355	7	341.0	0.060174	16.9	321.2	0.051302
400	7.9	384.2	0.082709	18.2	363.0	0.071091
500	9.8	480.4	0.150086	21.66	454.7	0.129618
630	12.4	605.2	0.277841	24.5	579.0	0.246912
800				30	738.4	0.472256
1000				38.5	921.0	0.851318

DN (mm)	COMPACTO - SN8			NOVAFORT - SN8		
	e (mm)	Di (mm)	Q (m3/s)	h (mm)	Di (mm)	Q (m3/s)
160	4.7	150.6	0.006807	7.6	144.4	0.006085
200	5.9	188.2	0.012333	9.7	180.4	0.011016
250	7.3	235.4	0.022398	12.2	225	0.019856
315	9.2	296.6	0.041482	15.3	284.1	0.036982
355	10.4	334.2	0.057027	17.5	320	0.050792
400	11.7	376.6	0.078418	19.2	361	0.070052

ANEXO IV: CONEXIONES NOVAFORT



Tubo Novafort SN4 UD IRAM

SAP	DESCRIPCIÓN
991387	160mm x 6mts.
991389	200mm x 6mts.
991421	250mm x 6mts.
991423	315mm x 6mts.
991425	355mm x 6mts.
991427	400mm x 6mts.



Tubo Novafort SN8 UD IRAM

SAP	DESCRIPCIÓN
991388	160mm x 6mts.
991390	200mm x 6mts.
991422	250mm x 6mts.
991424	315mm x 6mts.
991426	355mm x 6mts.
991428	400mm x 6mts.

Manguito Reparación HH



SAP	DESCRIPCIÓN
939938	160mm
943141	200mm
944712	250mm
947299	315mm
947300	355mm
947301	400mm

Manguito Empotramiento



SAP	DESCRIPCIÓN
939940	160mm
943130	200mm
944713	250mm
947331	315mm
947332	355mm
947333	400mm

Ramal 45° HHH



SAP	DESCRIPCIÓN
997964	160mm x 110mm
992057	200mm x 110mm
947334	250mm x 110mm
947335	315mm x 110mm
947336	355mm x 110mm
947337	400mm x 110mm

Tapa H



SAP	DESCRIPCIÓN
940930	160mm
940929	200mm
952208	250mm
947176	315mm
947177	355mm
947178	400mm

Curva 45° - HH



SAP	DESCRIPCIÓN
941064	160mm
941065	200mm
947179	250mm
947180	315mm
947291	355mm
947294	400mm

Adaptador MH



SAP	DESCRIPCIÓN
939943	160mm
944640	200mm
944711	250mm
947305	315mm
947306	355mm
947307	400mm

Curva 90° - HH



SAP	DESCRIPCIÓN
941066	160mm
941067	200mm
947295	250mm
947296	315mm
947297	355mm
947298	400mm

Adaptador HH



SAP	DESCRIPCIÓN
939941	160mm
944639	200mm
944638	250mm
947302	315mm
947303	355mm
947304	400mm

Ramal Postizo 45° H



SAP	DESCRIPCIÓN
947338	160mm x 110mm
947339	200mm x 110mm
947340	250mm x 110mm

Aro



SAP	DESCRIPCIÓN
939511	160mm
939512	200mm
939513	250mm
939514	315mm
939515	355mm
939516	400mm

Descubrí nuestro amplio portafolio en amancowavin.com.ar

Únete a nosotros para crear entornos más saludables, saneamiento accesible y ciudades resilientes en todo el mundo. Juntos, creamos un mejor mañana.



**Building &
Infraestructure**



Orbia es una empresa motivada por un propósito compartido: impulsar la vida en todo el mundo. Los cinco grupos de negocio de Orbia se centran colectivamente en garantizar la seguridad alimentaria e hídrica, ampliar el acceso a la información y la conectividad e impulsar la descarbonización y la transición energética con materiales básicos y avanzados, productos especiales y soluciones innovadoras.

Wavin, el negocio de Building & Infrastructure (B&I) de Orbia, es un proveedor de soluciones innovadoras para el sector global de construcción e infraestructura. Con el respaldo de más de 60 años de experiencia en el desarrollo de productos, Orbia B&I impulsa la vida en todo el mundo construyendo entornos saludables y sustentables para ciudadanos de todo el mundo. Ya se trate de optimizar el suministro de agua, mejorar el saneamiento de agua y la higiene, crear ciudades resistentes al clima y reducir el uso de energía en edificios, Orbia B&I colabora con líderes municipales, ingenieros, contratistas e instaladores para ayudar a comunidades, edificios y hogares a prepararse para el futuro. Orbia B&I cuenta con más de 11 000 empleados en aproximadamente 50 plantas de producción en todo el mundo y atiende a más de 90 países a través de una red global de ventas y distribución.

Los manuales de Amanco Wavin sobre PVC y CPVC, incluido el diseño de sistemas de tuberías, son meramente ilustrativos y se proporcionan como guía. No constituyen una recomendación técnica para ningún proyecto en particular. El cliente o usuario final acepta haber leído y comprendido el alcance de los manuales y guías de Amanco Wavin. Amanco Wavin, sus empresas relacionadas, subsidiarias, representantes, propietarios o personal, no se responsabilizan por la selección de tuberías PVC o CPVC, sus dimensiones, especificaciones, instalación, uso o mantenimiento. Amanco Wavin y sus afiliadas no serán responsables por daños o perjuicios ocasionados por la interpretación errónea del Manual de diseño de sistemas de tuberías. El cliente o usuario final deberá contar en todo momento con la experiencia o asesoría técnica adecuada para cada caso en particular. El cliente o usuario final de las tuberías de Amanco Wavin eximen a la empresa de cualquier responsabilidad, incluyendo civil, penal, administrativa y cualquier otra, por el uso inadecuado de los productos. Amanco Wavin se reserva el derecho de modificar las especificaciones de sus productos y servicios sin previo aviso. Para obtener información actualizada, contacte a nuestro equipo de soporte.